



دروس مقاومة المواد

الجارى تدريسها لتلامذة السنة الثانية من مدرسة المهندسخانة الخديوية

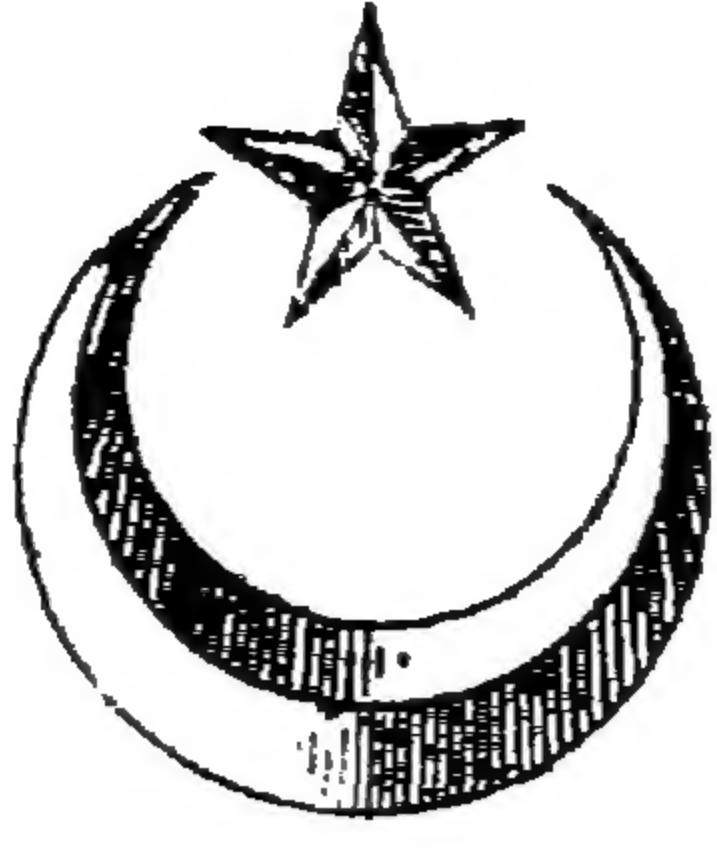
بمعرفة
حضرة احمد بك زهنى
ناظر المدرسة

على حسب الجداول التفصيلية للعلوم الجارى تدريسها بمدرسة المهندسخانة الخديوية الصادر
عليها قرار نظارة المعارف العمومية فى ٣٠ اغسطس سنة ١٨٩٤ المجعولة ذيل القانون
المدرسة المذكورة المصدق عليه من مجلس النظار فى ٨ يونيه سنة ١٨٩٤

طبع

فى مدرسة المهندسخانة الخديوية بسراى درب الجماميز سنة ١٨٩٦ افندي

حقوق الطبع محفوظة للمدرس



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

علم مقاومة المواد تعاريف أولية

الغرض من علم مقاومة المواد تعيين الأبعاد اللازم إعطاؤها للقطع المختلفة التي تتركب منها الآلات أو المنشآت الثابتة كي يمكنها تأدية الغرض المقصود منها في الجملة المادية التي تكون تلك القطع من ضمنها المواد الداخلة في المنشآت تنحصر على العموم في قسم الأجسام الصلبة والجسم الصلب هو الذي يحدث مقاومة محسوسة للتغيرات التي يراد إحداثها له والجسم المائع أو الغازي يحدث مقاومة ظاهرة للتغيرات التي تنتجها تقليل الحجم الكلي المشغول بهذا الجسم إلا أن تغيرات الشكل غير المحسوسة بتغيرات الحجم يمكن حصولها بدون قوة وعلى الأقل بقوة غير محسوسة وبعض الأجسام تشابه الأجسام الصلبة بالنظر لبعض التغيرات المخصوصة مع كونها لا تحدث سوى مقاومة غير محسوسة للتغيرات الأخرى فالخط مثلا يمكن ان يخضع بدون قوة ولا يستطيل بدون شغل والمنسوج مثلا يقاوم التغيرات التي تميل لامتطالة إحدى جهتي الخيوط المركبتين له ويبقى مثنيا بدون مقاومة المرونة - قد يتصور ان جميع الأجسام الطبيعية سواء كانت صلبة أو مائعة أو غازية مكونة من عناصر صغيرة جدا متفصل بعضها عن بعض بمسافات مقدارها مناسب الى مقادير هذه العناصر وأن تلك العناصر يؤثر بعضها على بعض بحسب مقاديرها وأن هذه التأثيرات تختلف أيضا بحسب المسافات الكائنة بين هذه العناصر وبعضها وأنها تكون في اتجاهات المستقيمات الواصلة بين تلك العناصر حتى فكل عنصر من الأجسام الصلبة خصوصاً له وضع مخصوص بالنسبة لباقي العناصر لا يمكنه ان يتحرك بدون قوة كبيرة كانت أو صغيرة أما في السوائل فالأمر بالعكس بمعنى ان العناصر لها الحرية المطلقة تقريبا في دورانها حول بعضها أو في تدحرج بعضها على بعض بدون احتكاك محسوس

ووفقا لوقوع على جملة نقط مختلفة من جسم صلب قوى خارجية متزنة فان توازن التأثيرات الواقعة من العناصر

بعضها

بعضها على بعض يحتل ويحصل تغير في شكل الجسم المذكور وهذا التغير يحدث اختلافا في أبعاد العناصر بعضها عن بعض وفي شدد واتجاهات التأثيرات الداخلية وحينئذ يفصل التوازن بالتغير المذكور بين القوى الداخلة والقوى الخارجة وعلى هذا إذا حصل تغير في شكل الجسم وحذفت القوى الخارجة التي أحدثته فإن التغير المذكور لا يبقى مستمرا على العموم والجسم يميل للعود لشكله الأصلي وفي هذه الحالة فإن العناصر في حركتها القهقرية تأخذ سرعتها التي كانت سببا في تجاوز أوضاع توازنها الطبيعية والتي لا بد أن تأخذها نظريا وبقطع النظر عن المقامات المختلفة الملازمة لتلك العناصر فإنها ترجح حول تلك الأوضاع ارتجاجا صغيرا جدا وحينئذ فيل الجسم المتغير الشكل للرجوع إلى شكله الطبيعي هو ما يسمى بمرونة المادة وبالنظر للمرونة يوجد اختلاف عظيم بين الأجسام الصلبة المختلفة

فالأجسام التامة المرونة إذا تغير شكلها بسبب ما فإنها تعود إلى شكلها الطبيعي تماما متى امتنع ذلك السبب والأجسام التامة الرخاوة أي التي ليس لها مرونة بالكلية متى تركت ونفسها بعد حصول تغير حيثما اتفق فيها فإنها تبقى على حالتها الأخيرة ولا تظهر أدنى ميل للرجوع نحو شكلها الأصلي وهذه الأجسام تكون في بعض الأعتبارات متوسطة بين الأجسام الصلبة والأجسام السائلة (أي المائعة والغازية)

وأما الأجسام التامة الصلابة التي تعتبر أنها عديمة المرونة فإنها أجسام هندسية محضة وليس لها وجود في الحقيقة أو أنها أجسام صلبة قوية جدا بالنسبة لغيرها وعلى هذا فلا يعتبر في التطبيقات سوى نوعين منها يبين من الأجسام الصلبة وهي الأجسام الرخوة والأجسام المرنة وفي الحقيقة أن الأجسام الصلبة المستعملة في العمل ليست تامة الرخاوة ولا تامة المرونة بل أنها تنحصر بين هذين النوعين النهائيين

ومرونة المادة تختلف من جسم إلى آخر فتكون كبيرة جدا وتامة تقريبا في بعض منها وصغيرة جدا ومعدومة تقريبا في بعض آخر ومتوسطة في أغلبها

ومنى قيل أن معامل المرونة ثابت بالنسبة لمادة معلومة يكون المقصود من ذلك مادة متجانسة حافظة لشروطها الطبيعية وفي الحقيقة أن معامل مرونة المواد كالحديد مثلا يختلف بحسب التركيب العنصري ودرجة الحرارة لكل نوع منه

ومع ذلك فإن تلك التغيرات قليلة الأهمية بحيث يمكن إهمالها في العمل واتخاذ معامل متوسط للمرونة ومتى كانت قوى الشد ضعيفة ولم تتجاوز تلك القوى التي تحدث الكسر فإن الاستطالات تتغير بحسب الاحمال ولا تكون مستديمة أبدا وتختفي بمجرد محو الاحمال المحدث لها وتعود المشورات المشدودة إلى طولها الأصلي

ولحديد لا يحصل له استطالة مستديمة إلا إذا وصلت قوة الشد إلى نصف حمل الكسر وحيث أنه غير جار في العمل تشغيل الحديد بذلك حمل الكسر مطلقا فلا يحشى عليه من الاستطالة المستديمة ويمكن دائما أن تطبق عليه

القوانين البسيطة للشد

ولملاحظ ان الاستطالة المنسوبة للشد تكون دائما صحيحة بنقص في القطاع العرضي وبارتداد في المحمد وأهمية هاتين الحادثتين تأتوية ومن النادر الاشتغال بها

وسدة الشد لها تأثير على الاستطالة اذ أنها تزيد شيئا فشيئا مع الزمن وتميل نحو نهاية معينة بالنسبة لكل معلوم ولا يجب حينئذ صرف النظر عن هذه الحالة في الانشآت

نهاية المرونة - متى كان تغير شكل الجسم الصلب قليلا جدا فإن الجسم يعتبر تقريبا بجسم تام المرونة بمعنى انه بعد حذف القوى التي احدثت له هذا التغير القليل يعود الى شكله الطبيعي تماما

ونهاية المرونة هي النهاية العظمى للقوى التي يمكن وقوعها على جسم صلب بدون ان يحدث فيه تغير مستديم فتحي كانت القوى المؤثرة على جسم أقل من هذه النهاية فالتغيرات الحادثة تنحى وانما كانت أكبر من تلك النهاية فالتغير لا ينحى الا قليلا ولا ينحى مطلقا

ونهاية المرونة توصل الى طريقة أخرى لتعريف الأجسام الرخوة والأجسام المرنة فالجسم الرخو هو الذي نهاية مرونة معدومة كلية والجسم المرن هو الذي نهاية مرونة كبيرة جدا

وقد يمكن تعيين نهاية مرونة جسم بقوة معينة فلو اذا أريد تعيين نهاية مرونة ساق معدني متأثر بقوة شد يلزم بناء على التعريف أن ترصد استطالات الساق المذكور بتأثير جملة اثقال مختلفة يجري ايقاعها عليه على التوالي مجذوف الثقل في كل دفعة ويعوض بأكبر منه ثم يعين كل من الثقل والاستطالة اللذين فيها يحفظ الساق المذكور استطالته وحينئذ فالثقل الذي قبل هذا يكون هو مقدار النهاية المطلوبة

التبدد أو الكسر - متى أثر على جسم بأن أوقع عليه قوى تميل للانضغاط أو الاستطالة أو لاخفائه وصار ازدياد تلك القوى بلا نهاية فتجاوز هذه القوى نهاية المرونة ويصير التغير ظاهرا شيئا فشيئا وأخيرا يحصل التبدد أو الكسر

وهذه الحادثة التي هي متغيرة كثيرا تظهر للعيان التركيب الداخل للجسم الواقع عليه التجديبة فتارة يكون تركيب الجسم حبيبيا وتارة يكون ليفيا وتارة يكون بلوريا وتارة يتجزأ الى قطع شكلها هندسي ثم ان حالة الكسر تتغير بحسب الشد أو الضغط أو الانحناء (الانشاء)

وطريقة حصول الكسر تختلف من جسم الى آخر وحسب الجسم الواحد تختلف من اتجاه الى آخر فالخشب يمكن تشريحه باللبطة بسهولة جدا في اتجاه الالياف بخلاف ما اذا أريد قطعه عموديا على اتجاه الالياف فالأحسن استعمال المنشار والحديد يقطع على البارد بالازميل ويثقب بالمشقاب الا أن شغل المشقاب يحدث استطالة مخفية في القطعة المشقوبة بخلاف الثقب بواسطة البريمة فإنه لا يحدث هذا التأثير

وكل نوع من الحجر يجب تشغيله بالعدد الخاصة به فحجر الجرانيت مثلا يحتاج عدة خلاف العدة التي تحتاجها الحجر الجيري وبالجملة فطرق الكسر ثم المنشئين في أمرين

الأول - بالنظر لشغل المواد خشبية كانت أو معدنية أو حجرية التي يقضى قطعها أو عتتها أو تصليحها أو تجزئتها الى قطع

والثاني - للاستدلال على خواص المادة من المكسر (المقطع) يقتضى كسر جملة انواع تؤخذ بالصدفة من بعة حديد مثلا للتأكد من أن الحديد المذكور موفٍ للشروط المأخوذة على المتعهد وأما من جهة متانة المواد المكونة لمشيد فيلزم ان تكون قوية على الدوام تحت تأثير الاحمال حيث أن الاحمال المذكورة أقل من نهاية المرونة

القطع المنشوريا - القطع المختلفة التى تدخل فى تركيب مشيد معدن أو خشبى تشابه غالبا المنشورات القائمة المعروفة فى الهندسة العادية ويزاد عليها فقط ان لها على العموم مستوى تماثل يحصل فيه وقوع القوى التى يجب ان يتحملها الانشاء لكن تحتاج أحيانا لأن تكون جميع اجزاء القطعة الواحدة ذات مقاومة متساوية فغير من نقطة الى أخرى شكل وابعاد القطاع وحينئذ فالجسم المتحصل فى هذه الحالة لا يكون منشورا هندسيا ومع ذلك يستر فى التسمية المذكورة للدلالة على جسم بهذا الشكل فيطلق اسم منشور على كل قطعة مستقيمة أو منحنية لاختلاف ابعادها العرضية صغيرة بالنسبة لطولها سواء كان قطاعها ثابتا أو متغيرا من احدى طرفي القطعة الى الطرف الآخر

انواع الاحمال التى تعرض لها الاجسام فى الانشآت

انواع الاحمال التى تعرض لها الاجسام فى الانشآت هى احمال الشد والضغط والقوى أى القطم أو الاتزلاق العرضى والانشاء أى الانحناء والاتواء فكل الشد يميل لتطويل القطعة كحالة القطعة المثبتة من أعلى ومعلق فى طرفها الأسفل ثقل

وحمل الضغط يميل لتقصيرها أى عكس حمل الشد كحالة قائم مثبت من أسفل وموضوع عليه ثقل من أعلاه وحمل القصر أو القطم يميل الى قطم القطعة فى اتجاه احد مستوياتها العرضية بحيث تنقسم الى قسمين يتزلق أحدهما على الآخر فى مستوى القطاع العرضى الذى حصل فيه القطم كحالة قطعة منشورية متأثرة بقوتين متوازيتين مختلفتى الجهة ومتوازيتين لقطاع عرضى للقطعة المذكورة محصور بينهما

وحمل الانثناء أو الانحناء يميل الى انثناء القطع الموضوعة افقية على حاملين أو مثبتة افقيا من أحد طرفيها كحالة قضيب مركزى افقيا على حاملين وحمل بثقل

وحمل الاتواء يميل الى التواء القطع التى تكون دائرة حول محورها ومجبورة على الدوران الى الجهة العكسية كحالة اسطوانة الملفاف الذى يدور فى جهة بسبب القوة ويميل الى الدوران فى الجهة العكسية بسبب المقاومة وعلى العموم فالجسم لا يكون متأثرا على الدوام بأحد هذه الاحمال البسيطة بل يمكن ان يتأثر بأثنين منها معا أو أكثر اعنى قد يكون الجسم متأثرا بجلى انحناء والتواء معا ويحصل له تغيير مركب يحتاج للبحث عن الحركات الجزئية للعناصر فى كل من التغيرين الأصليين

فى الشد

قد نتج من القارب

أولا ان الاستطالة لا تقضيى مستوى تناسب لطوله ل
ثانيا أنها تناسب أيضا للقوة التى تؤثر فى اتجاه محوره

(7)

ثالثا انها تناسب عكسا للقطاع العرضي و للقيص المذکور
رابعا انها تناسب عكسا للعامل والمسمى بمعامل المرونة الطولية وهذا المعامل خاص بكل مادة على حدتها
وبه تعرف حالة المادة من جهة الشد أو الاستطالة

وحينئذ فوائين الشد تخضر في الارتباط الآف

$$\frac{L}{W} = \lambda$$

ويمكن وضع هذا الارتباط على هذه الصورة البسيطة

$$\frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{2}} = \frac{2}{3} \div \frac{1}{2} = \frac{4}{3}$$

$$u = \frac{1}{2}, \quad v = \frac{2}{3}$$

بغرض آن

ويمكن ان يتلفظ بالارتباط المذكور هكذا

ان معامل المرونة هو النسبة الثابتة الكائنة بين الحمل المنسوب للوحدة السطحية المساوى لخارج قيمة الحمل الكلى على مساحة القطاع وبين الاستطالة المنسوبة للوحدة الطولية المساوية لخارج قيمة الاستطالة الكلية على الطول الاصلى التى تسمى بالاستطالة النسبية

ومعامل المرونة عبارة أيضا عن مقدار حمل الشد الوهمي الذي يصاعف طول الساق الذي قطاعه الوحدة السطحية أو هو عبارة عن مقدار حمل الضغط الوهمي الذي يحى طول الساق المذكور

وحينئذ من الارتباط السابق يحدث

$$y = \frac{z}{6}, \quad z = 6y$$

أعني ان الاستطالة النسبية تساوى خارج قسمة الحمل المنشوب للوحدة السطحية على معامل المرونة وأن
الحمل المنشوب للوحدة السطحية يساوى حاصل ضرب الاستطالة النسبية في معامل المرونة الذي يسمى أيضا بمعامل
المرونة

والاستطالة الكلية التي تنحى بحذف الحمل الواقع على القطعة في اتجاه محورها تسمى بالاستطالة المرنّة والاستطالة التي توجد بعد حذف الحمل الواقع على القطعة في اتجاه محورها تسمى بالاستطالة المستديمة وهما كحدولاً مشتملة على معاملات المرونة لمواد مختلفة مأخوذة أسفل نهاية المرونة

حديد مطروق ... ۰.۰۰۰۰۰ ۰.۰۰۰۰۰ أو ۰.۰۰۰۰۰ x (۱۰)

سلك حديد 1.8×10^{-2}

صاح عادہ

حَدِيدَ زَهْرٍ

ويمكن ان يؤخذ في المتوسط بناء على تجارب المعلم *Hodkinson* ٩٠ × ١٠ (٩)

بلوط و صنوبر و مقنوب و شربین و غرغاج ۱۰۵۰، ۷۰۰، ۳۰۰، ۲۰۰ أو ۱/۴۵ × (۱۰)

وقد ذكرنا ان معامل المرونة في بعض المواد يختلف كثيرا فالحديد الزهر مثلا هو من هذا القبيل لانه قد ظهر من التجارب
التي

التي أجريت على بعض القناطر التي من الحديد الزهر بأنه لا يؤخذ بالنسبة لقطع الحديد الزهر ذات الأبعاد الكبيرة العرضية سوى $6 \times (10)$ لمقدار معامل المرونة وذلك لأن قطع الحديد الزهر السميك غير متجانسة بسبب أن أثناء صبها يبرد سطحها الخارج بسرعة قبل سطحها الداخل ولا يحصل تماثل حقيقي بين الأجزاء الخارجية والداخلية وعلى ذلك يقتضى في الحديد الزهر أن يؤخذ معامل المرونة $6 \times (10)$ في القطع ذات الأسلاك الرفيعة وأن يؤخذ $6 \times (10)$ في القطع ذات الأسلاك الكبيرة والحديد لا يحصل له استطالة دائمة إلا إذا تجاوز الجذب 10 كيلوجرام على المتر المربع وإنما في العمل لا يتوصل قط إلى هذا الحد

وبالمجمل فإنه يمكن أن يعتبر بالنسبة للحسابات في العمل بأن قوانين الجذب وعلى الخصوص نسبة الاستطالات للأحمال مضبوطة جدا لكن يقتضى الاحتراز من استعمال الارتباطات الناتجة من هذه القوانين في الأحوال التي تكون فيها تلك القوانين غير صحيحة بالكلية اعني في حدود تتجاوز نهاية المرونة

ولا يخفى أن وحدة القوى في الارتباطات السابقة هي الكيلوجرام وأن وحدة السطوح هي المتر المربع وقد يستعمل بعض المؤلفين السنتيمتر المربع وحدة للسطوح واتباع هذه الطريقة في الارتباطات السابقة سهل جدا وإنما يقتضى بعض الالتفات في الحالة التي يتخذ فيها السنتيمتر المربع وحدة للسطوح يلزم قسمة أعداد الجدول السابق على 10000 أو على (10) وبهذا يحصل سهولة عظيمة في الحسابات وعند حساب استطالة المنشور فيلزم اعتبار ثقل المنشور إذا كان طوله كبيرا

وحينئذ يستخرج مقدار الاستطالة بعد إجراء جميع التحليلات الرياضية اللازمة من المعادلة الآتية

$$L = \frac{1}{W} (P \cdot L + D \cdot P \cdot \frac{L}{P})$$

الذي فيه L رمز الاستطالة الكلية ، و W لمعامل المرونة ، و P للحمل الواقع على المنشور ، و L لطوله ، و D للثقل النوعي للمادة

فإذا كانت $W = 1$ فيكون $L = \frac{P}{W} \times \frac{L}{P}$

وهو قانون خال عن D ومنه نحسب الاستطالة الناتجة من الثقل الخاص للمنشور المذكور

مقاومة الأجسام المختلفة لكسر بتأثير الشد

قد تكلمنا على الشد بالنسبة للأحمال التي لا تتجاوز نهاية المرونة لكن متى كانت الاحمال كبيرة جدا وتتجاوز نهاية المرونة وأخذت في التزايد بالاستمرار فإن الاستطالات لا تكون مناسبة للأحمال قط والاستطالات الدائمة نأخذ في الازدياد ويحصل للمادة تأثير شديد وبأق وقت فيه مقاومتها لا تنقلب على الحمل الواقع عليها ويحصل الكسر ومنظر سطوح الكسر يختلف بحسب التركيب العنصري للمواد

والحديد الزهر يستمر في الاستطالة بمجرد ازدياد الحمل ويحصل الكسر فيه فجأة بدون استثناء بآدي حادثة و سطوح كسر تكون مستوية تقريبا ومنظرها بلوري ويحصل مثل ذلك في الصلب الزهر

وأما الحديد المطروق المتأثر بالشد يرى انقطاعه يأخذ في النقص شيئاً فشيئاً في جهة معينة ويحصل الكسر متى وصل النقص لحد معين ويرى من المكسر ان التركيب الخيطي أو الليفي حصل له تغيير عظيم جداً وأما الاختشاب ذات الألياف الغليظة مثل التنوب تستطيل ابتداءً ومتى قربت من الكسر يسمع لها صوت داخلي ناشئ من تمزق بعض الخيوط والفرقة تأخذ في الازدياد بالاستمرار الى ان يحصل الكسر ويظهر من سطوح الانقطاع اجزاء بارزة باقية من الألياف الغليظة المنفصلة

وهذه الحالة لا تحصل في الاختشاب ذات الألياف الصغيرة المندججة بل ان الكسر يحصل فيها فجأة ولا يحصل للتركيب الليفي لها تغيير بالكسر حيث أن التجاوي فيها قليلة العمق

حصول الكسر - حل الشد أو الضغط المنسوب للوحدة السطحية الذي يحدث تمزق ألياف أو خيوط القطع يسمى بحمل الكسر وهو لا يتعلق بطول المنشأ بل انه مناسب لقطاعاتها العرضية وثابت بالنسبة لمادة معلومة مأخوذة في شروط واحدة

ولأجل بيان حمل الكسر لمادة يقتضى معرفة الحمل اللازم وقوعه على السنتر المربع من القطاع العرضي لها للحصول الكسر

وهالك جدولاً مشتملاً على احتمالات الكسر بالنسبة للسنتر المربع لمواد مختلفة

سلك حديد من	٥٠٠٠	الى	٩٠٠٠	كيلوجرام	والعادة	٧٠٠٠	كيلوجرام
حديد قضبان	٢٥٠٠	"	٦٠٠٠	"	"	٤٠٠٠	"
حديد صاج	٣٥٠٠	"	٤٠٠٠	"	"	٢٦٠٠	"
حديد زهر	٩٠٠	"	١٤٥٠				
صنوبر وبلوط	٨٠٠						
صنوبر وحشى وخرنجاج	١٠٥٠	"	١١٣٠				
خشب الراتنج أو الشوح وتنوب الشمال	٦٠٠	"	٩٠٠				
تنوب جبال فوجه	٤٠٠						

ويرى من هذا الجدول أيضاً عدم وجود ضبط مطلق في تقدير الأعداد السابقة وان يقتضى على العموم اتخاذ المتوسط

وعند ما يراد اجراء شغل مهم بواسطة مواد معينة فالأصوب على العموم الالتجاء الى التجارب العديدة التي اجريت على هذه المواد نفسها كي يتيسر الحصول مباشرة على معاملات المرونة وعلى احتمالات الكسر اللازم اتخاذها

حمل الأمن - حمل الأمن هو الذي يلزم وقوعه مع الأمن على القطع المختلفة الداخلة في المنشآت ويساوى على العموم نصف الحمل المطابق لنهاية المرونة تقريباً

وحمل الأمن يختلف عن حمل الكسر بحسب أنواع المواد فيساوى من $\frac{1}{2}$ الى $\frac{1}{3}$ حمل الكسر في المعادن ومن $\frac{1}{4}$

الى

(٩)

الى $\frac{1}{8}$ حمل الكسر في الأخشاب ، $\frac{1}{4}$ حمل الكسر في الأجرار ، $\frac{1}{6}$ من حمل الكسر في المون
معامل الأمن - النسبة الكائنة بين حمل الأمن وحمل الكسر بحسب نوع كل مادة تسمى بمعامل الأمن ويعين ذلك الكود
 $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{8}$ الخ السابق ذكرها تسمى معاملات الأمن

ومعاملات الأمن المذكورة معينة بالتجربة وتؤدي إلى صلابة كافية بدون أن يصرف مقدار كبير من المادة
وحيث أنه يرى من الجدول السابق أن مقاومة الحديد للكسر هي ٣٦ كيلوجرام على المليمتر المربع فيكون مقدار الحمل
اللازم توقيعه عليه مع الأمن هو ٦ كيلوجرام على المليمتر المربع بناء على أن معامل الأمن هو $\frac{1}{6}$ حمل الكسر
وأما لحديد الزهر فلا يحمل حمل شد مع الأمن إلا بمقدار واحد كيلوجرام على المليمتر المربع حيث أن تركيبه متغير
جدا وتقاوم للشد بكيفية قليلة الانتظام ويعين ذلك فيرى أن معامل الحديد الزهر أقل من سدس
(وهناك جدولا عاما لبعض المواد)

المواد	تعمل في المصانع	معامل المرونة و	نهاية المرونة						حمل الكسر	حمل الأمن	
			للشد	للضغط	للشد	للضغط	للشد	للضغط		للشد	للضغط
كيلوجرام			كيلوجرام بالنسبة للمتر المربع								
حديد { سلك حديد مطروق صاج }	٧٨٠٠	من ١٠ × ١٨٠ الحـ ١٠ × ٢٢٠ (١٠ × ١٦٠) بالنسبة للأشغال الصناعية الجيدة	١٥	١٥	{ ٧٠ ٤٠ ٣٣ }	٤٥	{ ١٤ ١٠ ٥ }	{ ١٤ ١٠ ٥ }	{ ١٤ ١٠ ٥ }	{ ١٤ ١٠ ٥ }	
صلب مصبوب	٧٨٠٠	١٠ × ٢٠٠	٢٢	٢٢	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	
حديد زهر	٧٢٠٠	١٠ × ٨٠ ١٠ × ١٢٠ و المتوسط ١٠ × ٨٠ والشد والضغط	٦	١٠	٩ إلى ١٤	٦٣	٢	٤ إلى ٥	٢	٢	
خشب { قروچاف تنوب جاف }	{ ٨٠ ٥٣٠ }	١٠ × ٩ ١٠ × ١٢	٢	٢	{ ٩ إلى ٦ ٤ }	٤ إلى ٥	٢ إلى ٣	٢ إلى ٣	٢ إلى ٣	٢ إلى ٣	

(١) قد يستعمل أحيانا لقاية ١٨

مسائل على الأجسام المنشورية المستطيلة بتأثير الشد

مسئلة (١) - ما هي الاستطالة الكلية الحادثة لسلك من الحديد طوله ١٠ متر حامل في نهايته حمل نهاية المرونة الذي قدره ٣٠٠ كيلوجرام على السنتيمتر المربع لذلك يقال أن

$$ل = \frac{ق \cdot د}{و} = \frac{١٠٠٠ \times ٣٠٠}{٦١٠ \times ٤} = \frac{٣}{٤} = ٠.٧٥ \text{ ملليمتر}$$

مسئلة (٢) - ما هي الشدة بالنسبة للسنتيمتر المربع المنشور من الخشب استطالته ملليمتر واحد بالنسبة للمتر الطولي

لذلك يقال انه من الارتباط العمومي للاستطالة يحدث

$$ق = \frac{ل}{و} \times د = ٠.٧٥ \times \frac{١}{٦١٠} = ٠.٠٠١٢٤٦ \text{ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع}$$

مسئلة (٣) - المطلوب تعيين قطاع ساق من الحديد طوله ٣ متر حاملا ثقلا قدره ٥٠٠٠ كيلوجرام بفرض ان شدته ١٤٠٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع وأن استطالته النسبية تساوي ملليمتر واحد بالنسبة للمتر الطولي لذلك يقال أنه يلزم على العموم استعمال القانون الأول أو الثاني من القانونين الآتين

$$\begin{aligned} \frac{ق}{و} &= \frac{ل}{و} \times \frac{د}{و} \\ \frac{ق}{و} &\leq \frac{ل}{و} \times \frac{د}{و} \quad \text{أو} \quad \frac{ق}{و} \leq \frac{ل}{و} \end{aligned}$$

ولكن في الحالة الراهنة على أي حال يكون

$$\frac{ق}{و} = \frac{ل}{و} \times \frac{د}{و} = \frac{١٤٠٠}{٦١٠ \times ٤} = \frac{٣}{٤}$$

وحيث أن العدد الأول من هذين العددين هو الأكبر فيلزم حينئذ استعمال القانون الأول اعني لا يلزم مراعاة حساب القطاع الا بالشدة العظمى المفروضة وعليه يكون

$$ل = \frac{ق}{و} = \frac{٣}{٤} = \frac{٣٠٠}{٤٠} = ٠.٧٥ \text{ سنتيمتر مربع}$$

وفي هذه الحالة تكون الاستطالة النسبية مساوية الى ٠.٧٥ ملليمتر بالنسبة للمتر الطولي

مسئلة (٤) - ما مقدار استطالة قضيب منشوري من الحديد قطاعه مربع ضلعه ٣ سنتيمتر طوله ٦ سنتيمتر بتأثير ثقل قدره ٥٠٠٠ كيلوجرام بمراعاة ثقله لذلك يقال أن

$$ل = \frac{١}{و} \times (ل \times ب + د) = \frac{١}{٣ \times ٣ \times ٦١٠ \times ٤} \times \left(\frac{٣}{٤} \times ٣ + ٥٠٠٠ \right) = ٠.١٦٧ \text{ سنتيمتر تقريبا}$$

مسئلة (٥) - ما مقدار استطالة قضيب منشوري من الحديد طوله ٦٥ متر بتأثير ثقله فقط لذلك يقال أن

$$ل = \frac{٣}{٤} \times \frac{٦٥٠٠}{٦١٠ \times ٤} = \frac{٦٥٠٠ \times ٦٥٠٠}{٦١٠ \times ٤}$$

(١١)

أوان $L = 0.8$ سنتيمتر تقريبا

في مقاومة المناشير لأحمال الشد

إذا رمز لقطاع المنشور بحرف b ومعامل المقاومة بالنسبة للوحدة السطحية من القطاع بحرف m والقوة الخارجة التي يلزم أن يقاومها المنشور المذكور بحرف w يكون

$$m = \text{مقاومة القطاع بتمامه}$$

وحيث أن هذه المقاومة يلزم أن تتزن مع القوة الخارجة فيحدث

$$w = m \cdot b$$

مسئلة (١) ما هو الحمل الذي يمكن أن يتحمله مع الأمانة سلك من الحديد قطره مليمتر

ومعامل مقاومته ٣٠٠٠ كيلوجرام بالنسبة لسنتمتر المربع

لذلك يقال أن

$$w = m \cdot b = 3000 \times \frac{\pi}{4} \cdot \text{أوان}^2 = 3000 \times \frac{\pi}{4} \cdot 0.8^2$$

مسئلة (٢) المطلوب تعيين قطر شداد جمالون معدن كل ١٤٠٠٠ كيلوجرام بشدة قدرها ٦٠٠ كيلوجرام بالنسبة لسنتمتر المربع

لذلك يقال أن $w = m \cdot b = \frac{\pi}{4} \cdot \text{قطر}^2 \cdot m = 14000$ سنتمتر مربع وفي هذا القانون b رمز لمساحة القطاع w ورمز للقطر d وعليه يكون

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 14000}{\pi \cdot m}} = 0.8 \text{ سنتمتر تقريبا}$$

ومتى كان المنشور طويلا فيلزم اعتبار ثقله في حساب المقاومة

وحينئذ إذا رمزنا لطوله بالسنتمترات بحرف L ولنقل السنتمتر المكعب الواحد بحرف t ولقطاعه بالسنتمترات المربعة بحرف b يكون

$$m \cdot b = w + t \cdot L \cdot b$$

مسئلة (١) ما هو قطاع منشور من الحديد طوله ٣٠٠ متر حامل لثقل قدره ١٠٠٠٠ كيلوجرام من بعد معرفة أن

الشدة تساوي ٦٠٠ كيلوجرام بالنسبة لسنتمتر المربع

لذلك يقال أنه من القانون السابق يحدث

$$m \cdot b = \frac{w}{L} + t \cdot b$$

وحيث أن كثافة الحديد هي ٧٨٨ فثقل السنتمتر المكعب يساوي ٧٨٨٠٠ ويكون

$$b = \frac{10000}{3000 - 78800} = 0.37 \text{ سنتمتر مربع}$$

وإذا قطعنا النظر عن الثقل الخاص للمنشور يكون

$$b = \frac{w}{m} = \frac{10000}{3000} = 3.33 \text{ سنتمتر مربع}$$

مسئلة (٢) إذا كان منشور من خشب التنوب قطاعه مربع ضلعه ٣٠ سنتمتر طوله ٥٠ متر وكانت شدته

لا يتجاوز ٥٠ كيلوجرام بالنسبة للستيم المربع فأيكون مقدار الحمل الذي يمكن أن يحمله المنشور المذكور بتعليقه فيه لذلك يقال حيث أن كثافة خشب التنوب تساوي ٦٥٠ كغ/م^٣ يكون

$$V = (M - \text{ثقل}) = ٥٠ - (٥٠ \times ٠.٠٠٠٠٠ \times ٠.٠٠٠٠٠) = ٣٥ \times ٤$$

$$= ١٤٣٧٥ \text{ كيلوجرام}$$

وبعد مراعاة النقل الخاص للمنشور يكون

$$V = M = ٣٥ \times ٤٠٠ = ١٤٠٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

في المناشير الحاملة لثقلها فقط

متى كان الحمل الإضافي قد محذوف فإن القانون السابق يؤلف إلى

$$M = \text{ثقل}$$

ويفهم من ذلك أنه متى كان المنشور حاملا لثقله فقط تكون مقارنته غير متعلقة بقطاعه ومناسبة لطوله مهما كان القطاع المذكور

وإن المقدار ثقل يكون أيضا مساويا على الأكثر مقدار معادل الأمن م المستعمل

ويفهم كذلك أن مقدار $L = \frac{F}{\sigma}$ المستخرج من القانون السابق يدل على أعظم طول يمكن إعطاؤه للمنشور ذي قطاع حيثما اتفق حامل لثقله الخاص شدته المعطى محدودة بمقدار م

مسئلة - المطلوب تعيين المقادير المعطى لأطوال ثلاثة منشورات من الخشب والزهر والحديد حاملة لاثقالها الخاصة بحيث تكون شدتها محدودة بالمقادير ١٠٠، ٣٠٠، ٦٠٠ بالنسبة للستيم المربع على التناظر

لذلك يقال أنه بناء على المعادلة السابقة يحدث

$$L = \frac{100}{0.00065} = 1538 \text{ متر} \quad \text{بالنسبة للخشب}$$

$$L = \frac{300}{0.00075} = 400 \text{ متر} \quad \text{وبالنسبة للزهر}$$

$$L = \frac{600}{0.00078} = 769 \text{ متر} \quad \text{وبالنسبة للحديد}$$

في حساب أبعاد الجنازير

في حالة ما يكون الحديد مكونا لجنازير فإنه يقاوم أقل مما إذا كان مكونا لقضبان منقمية وذلك بسبب انحناء حلقاته وقد نتج من التجارب أن الجنازير المصنوعة من الحديد الذي يحمل ٣٠ كيلوجراما على المليمتر المربع ينقطع بتأثير حمل قدره ٤٠ كيلوجراما وعلى هذا إذا فرضنا لمعامل مقاومة الحديد في حالة قضبان بالرمز م وللمعامل مقاومته في حالة جنازير بالرمز م يكون

$$M = 75 \text{ م} \quad \text{حيث أن}$$

$$\frac{40}{30} = 1.33$$

ولذا

واذا جعل الحلقات الجنزير قطع سائدة في الوسط فإنه يتحمل ٣٠ كيلوجراما وفي هذه الحالة يكون $m = 3$ بدون خطأ محسوس

جنزير معقود بسيط



جنزير ذو قطع سائدة



انفراد



وإذا استعملت جنازير طويلة فيلزم اعتبار ثقلها وحسابه يلاحظ ان انفراد الحلقات يساوي في الظاهر أربعة قضبان قطرها عين قطر حديد الجنزير وطول كل منها عين طول الجنزير المذكور وحينئذ اذا رمتنا بحرف w للثقل المطلوب ورفع w بحرف b لقطاع انفراد احدى حلقات الجنزير وبحرف l لطول الجنزير وبحرف p للثقل الفرعي للحديد وبحرف m لمعامل مقاومة الحديد ولا حظنا أن المقاومة تحصل من قطاعين مقدار كل منهما b يحدث الارتباط الآتي

$$c \times 70 \times m \times b = 4 + 3 \times b \times l \times p \text{ أو}$$

$$b = (4 + 3 \times m - 4 \times l \times p) \div 70$$

$$b = \frac{70}{4 + 3 \times m - 4 \times l \times p}$$

فإذا كان $b = 0$ يكون $l = \frac{70}{4 + 3 \times m}$

وفي حالة عدم اعتبار ثقل الجنزير يكون

$$4 + 3 \times m - 4 \times l \times p = 0 \text{ ويحدث}$$

$$l = \frac{70}{4 + 3 \times m}$$

وتحمل الجنازير عادة في الأعمال البحرية بقوى جذب فيها m تصل الى ١٧ كيلوجراما بالنسبة للمليمتر المربع اذا كان قطر حديد الجنزير أقل من ١٦ ملليمتر $m = 14$ كيلوجراما اذا كان قطر حديد الجنزير يزيد عن ١٦ ملليمتر وقد نتج من حساب المعلم رزال أنه اذا رمتنا بحرف w لقطاع الحلقة من الداخل في الطرف وكان نصف قطرها l الخيط المتوسط يساوي 10×4 في طرف الحلقة يكون

$$4 = \frac{70}{4 + 3 \times m}$$

الذي فيه p ومن النسبة التقريبية

وفي الجنازير المعتادة قد يجب ايضا مقدار w بدلالة الحمل w الذي يمكن ان يحمله الجنزير بكل آمن من القانون الآتي وهو

$$4 = \frac{70}{4 + 3 \times m}$$

الذي فيه w مقدار بالمترا w بالكيلوجرام

وباعتبار ثقل الجنزير مع الرمز لطوله بحرف l مقدرا بالمترا وللثقل الذي يحمله مع الأمن بما فيه ثقل الشكل بحرف w مقدرا بالكيلوجرام فان القطر w لحديد الجنزير مقدرا بالمترا يجب من القانون الآتي وهو

$$4 = \frac{70}{4 + 3 \times m}$$

الذى فيه $\kappa = 1.618$

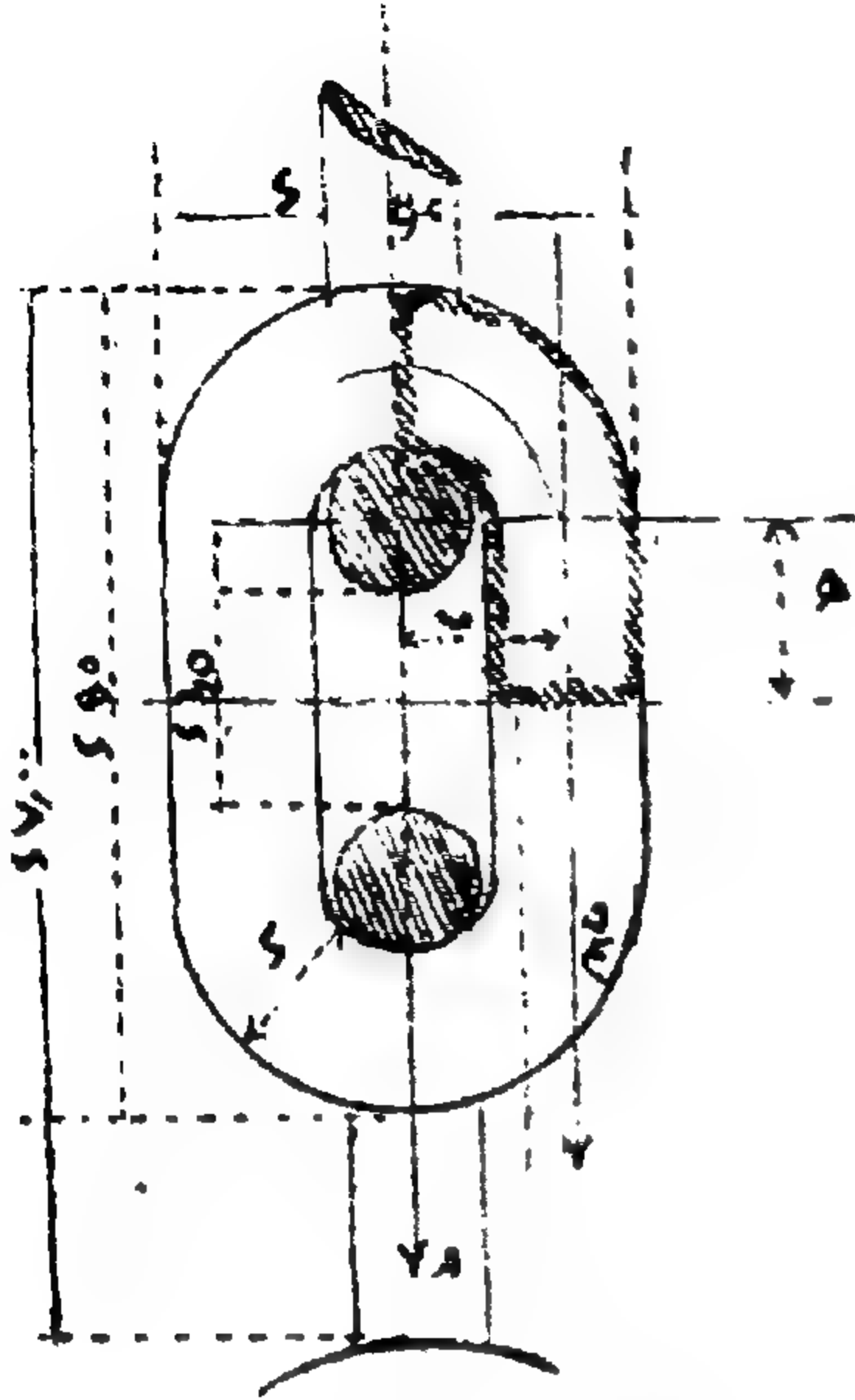
ويمكن حساب الحجم H للتر الطولى للجنزير من القانون

$$H = \frac{\pi}{4} \left[\frac{D^2 + d^2}{D - d} \right] \quad \text{حيث } D = 10.81 \text{ و } d = 0.81$$

الذى فيه d مقدار بالمتري H بالمتري المكعب ورموزه تعلم من الشكل
وحيث اذا رمز بحرف ϕ لثقل المتر الطولى من الجنزير مقدرا بالكيلوجرام
يكون

$$\phi = 1.0600 \left[\frac{D^2 + d^2}{D - d} \right] \frac{\pi}{4} = 0.136 \text{ و } D = 10.81$$

الجنزير ذو الحلقات المستديرة



$$D = 10.81 \text{ و } d = 0.81$$

شكل الحلقات المستديرة لا يستعمل الا لرفع الاحمال القليلة الاهمية وفي
هذا النوع من الجنازير لا يحصل التماس بين الحلقات الا في سطوح صغيرة جدا
فاذا رمزنا للحمل المراد رفعه مع الاثن مقدرا بالكيلوجرام بحرف ϕ ورمزنا
لقطر حديد الجنزير مقدرا بالمتري بحرف d وكان قطر حديد الحلقات اكبر من
 d مليمترات فان d يحسب من القانون

$$d = 0.000985 \sqrt{H}$$

واذا كان قطر حديد الجنزير اقل من d مليمترات فان d يحسب من القانون

$$d = 0.00076 \sqrt{H}$$

الجنزير ذو الحلقات الناقصية

بمراعاة نفس الرموز المتقدمة في الجنزير السابق يتعين القطر d من القانون

$$d = 0.00064 \sqrt{H}$$

وهذا القانون مؤسس على فرض ان نصف المحور الاكبر لمحيط المتوسط للحلقة يساوى $D/8$ ونصف المحور الأصغر
للمحيط المذكور يساوى $d/8$ ومعامل المقاومة بالنسبة للمليمتري المربع يساوى $C = 8$ كيلوجرام
مسئلة - ما مقدار قطر حديد جنزير طوله 40 متر يحمل بثقل مع الاثن قدره 100 كيلوجرام من بعده
معلومية ان معامل المقاومة يساوى 76 كيلوجرام على المليمتري المربع وان الثقل النوعي للحديد يساوى 778
لذلك يقال انه من قانون

$$d = \frac{1.0}{\sqrt{C}} \sqrt{H}$$

بعد ان يوضع فيه عوضا عن الرموز مقاديرها يكون

$$d = 0.000897 \sqrt{H}$$

وحيث ان $d = \frac{\pi}{4} \left[\frac{D^2 + d^2}{D - d} \right] \frac{\pi}{4}$ يكون $C = 77.0897$ ومنها يحدث

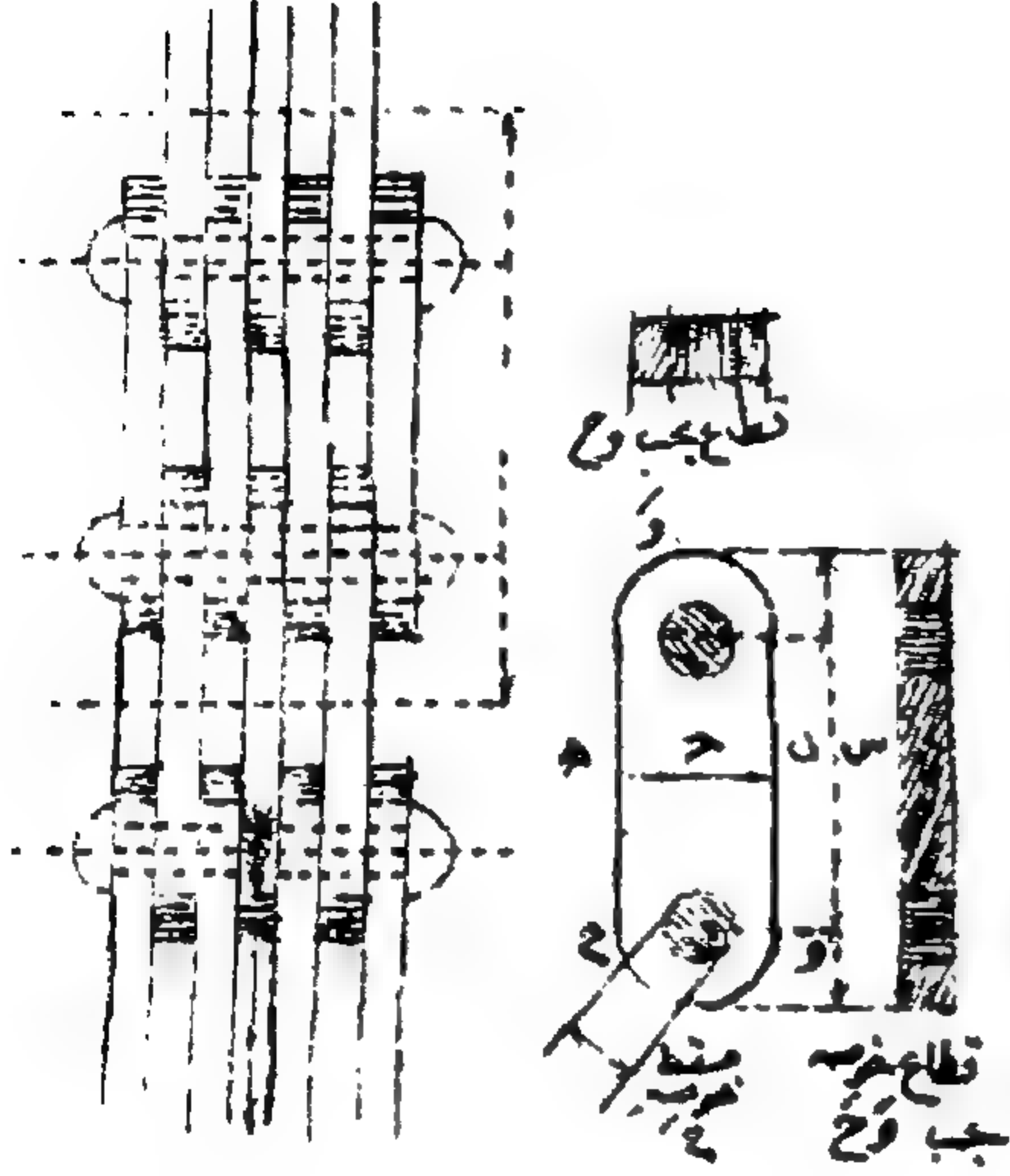
$$d = 0.000897 \sqrt{H}$$

$s = 0.8$ ملليمتر أو 0.6 ملليمتر

حساب جتزير المعلم جال

هذا الجتزير يتركب من خواص من الصاج موضوع بعضها فوق بعض بغاية البساطة ومجموعة مع بعضها بجاويطات كما هو واضح في الشكل والقطاع المقاوم بالنسبة لكل خوصة هو

(١-٥) س



ويوجد دائما على كل جاويطة عدد فردى من الخوص ولكن
 $s + 1$ عدد الخوص المذكورة الذي فيه s ومنه عدد صحيح
 حيثما انتق وقد يوجد s من الخوص المذكورة متجاها في
 جهة $s + 1$ منها متجاها في الجهة الاخرى
 وحيت يوجد قطاعات عددها s محملة بكل ويجب ادخالها
 في الحساب حيث ان القطاعات الاخرى التي عددها $s + 1$ تكون
 قوية جدا وحيت يكون

(١-٥) س \times م = $0.8 \dots \dots (١)$

الذي فيه s رمز لقطر سمار الجاويطة s سمك الصاج s عرض الخوصة s معامل المقاومة
 s والحل الذي يتجمله الجتزير مع الأمن

وحيث انه يوجد للجاويطة بالنسبة لكل قطاع (١-٥) س متاثر بالشد قطاعان مقاومان للقص فيكون

$$s + 1 \times \frac{s}{4} \times 0.8 \times م = 0.8 \dots \dots (٢)$$

الذي فيه s رمز لقوة القص أو القضم s م هو معامل المقاومة للقص
 ولاجل ان يكون الجتزير جيدا يلزم ان يكون

$s = 0.8$ وعليه يكون

$$(١-٥) س \times م = s + 1 \times \frac{s}{4} \times 0.8 \times م \text{ أو}$$

$$(١-٥) س = 0.8 \times م \dots \dots (٣)$$

وهذا الارتباط خال من العدد s ويشتمل على ثلاث كميات s و s و s وحله بالنسبة لاحدها يقتضى
 وجود ارتباطين آخرين لكن عادة يتبع تقريبا النسب الآتية

$$s = 0.8 \dots \dots (١)$$

$$(١ + s) س \geq 0.8 \dots \dots (٢)$$

$$s = 0.8 \dots \dots (٣)$$

$$ل = 0.8 + 0.8 \times 0.8 \dots \dots (٤)$$

(١٦)

مع ملاحظة أن أطراف الخوص هي انصاف دوائر أو أقواس من دوائر مراكزها محاور الجاويطات
وحينئذ بناء على معادلة (١) نؤول معادلة (٣) الى

$$(s - s_3) s = s_3 \text{ ر } ١ \text{ أو } s_3 s = s_3 \text{ ر } ١ \text{ ومنها يحدث}$$

$$s = ٥.٦٤٨$$

وعادة يصنع الجنزير بحيث يكون فيه $s > ٥.٦٤٨$ وأن المقدار الذي وجد موافقا للسلك s هو

$$s = ٥.٦٥٠ \dots \dots (٦)$$

وبناء على معادلتى (١) و (٦) نؤول معادلة (١) الى

$$٦ (s - s_3) s_3 = م = ٥.٦٥٠ \text{ ر } ١ \text{ أو}$$

$$٦ م = ٥.٦٥٠ \dots \dots (٧)$$

وبناء على معادلة (٦) نؤول متباينة (٤) الى

$$(١ + ٢٤) s_3 > ٥.٦٥٠ \text{ أو يكون}$$

$$(١ + ٢٤) s_3 > ١٤$$

أعني يقتضى أن لا يستعمل زيادة عن إحدى عشر خوصة على الجاويطة الواحدة حيث أنه يلزم أن يكون عدد الخوص
على الجاويطة الواحدة فرديا

ولغرض حساب الجنزير المذكور نذكر المسئلة الآتية

مسئلة - المطلوب حساب جنزير حلقاته مكونة من خوص معد لمحمّل ١٠٠٠٠ كيلوجرام

لذلك يقال إذا فرض أن $١ + ٢٤ = ٩$ يكون $٩ = ٦$ وحينئذ من معادلة (٧) يجعل $م = ٧$ كيلوجرام
بالنسبة للليتر المربع يكون

$$٩ = \frac{١٠٠٠٠}{٧ \times ٩} = ٣٦٠ \text{ ومنها يحدث } ٩ = ١٩ \text{ ملية}$$

وحينئذ فالجنزير يكون معنا حيث أن

$$٢ = ٣ \times ١٩ = ٥٧ \text{ ملية ()}$$

$$٣ = ٥ \times ١٩ = ٩٥ \text{ ملية ()}$$

$$(١ + ٢٤) ٣ = ٩ \times ٩٥ = ٨٥٥ \text{ ملية ()}$$

$$٨٥٥ > ١٩ \times ٦ > ١١٤$$

$$٦ = ٤ \times ١٩ = ٧٦ \text{ ملية ()}$$

$$٧ = ٥٧٥ = ١٤٢٥ \text{ ملية ()}$$

والجنازير الموجودة في المجد تصنع عادة من خوص ارق منها هو ناتج من الحسابات

وما ذكرناه بخصوص حساب الجنازير كاف ولا يعلم الآن حساب بخصوص استطالتها بتأثير الاحمال الواقعة
عليها وحيث ان اهم تطبيقات استعمال الجنازير هو في الاشغال البحرية وفي سحب السفن المألج فان الجنازير

التي

التي سبق استعمالها تكون هي الأجود والأحسن حيث أن حلقاتها الرديئة تكون قد غيرت جملقات جيدة

في حساب الأحبال

في الأحبال التيل أو القنب

الأحبال تستعمل على الأخص في البحرية وعلى العمور في الورش والعمارات ولا يقتضى تحميلها بحمل أكبر من نصف حمل القطع وفي هذه الحالة يحصل لها استطالة دائمية مساوية الى $\frac{1}{16}$ طولها وباستمرار تأثير الأحمال عليها فإن اجزائها يترلق بعضها على بعض وفي لحظة القطع تصل الاستطالة الى سدس طول الحبل ويرى من ذلك أن هاتين الاستطالتين كبيرتان نوعاً ولا يلزم قطع النظر عنها في بعض الأحيان

والأحبال القنب لها استعمال عظيم في رفع وشد الأحبال ومقاومتها تتعلق أولاً بمقاومة الخيوط الأصلية للقنب وثانياً بعدد تلك الخيوط الداخلة في قطاع الحبل وثالثاً بالاعتناء الكثير أو القليل الحاصل في صناعة تلك الأحبال

وحمل القطع المستعمل عادة في الأحبال هو رة كيلوجرام بالنسبة للمليمتر المربع من القطاع ويمكن تشغيل الأحبال مع الأمانة بجنس حمل القطع

ويستعمل القطران في عمل الأحبال التيل أو القنب الأبيض حيث أن القطران يحفظ القنب من التأثيرات المناخية المضرّة به وهما الهواء والرطوبة لكنه يساعد على انشلاق الخيوط بعضها على بعض ولذلك كانت مقاومة الأحبال

المقطرة تختلف من $\frac{1}{4}$ الى $\frac{3}{4}$ مقاومة الأحبال البيضاء

ومقابلت الأحبال البيضاء فإن مقاومتها تنقص الى النصف

والأحبال ذات الاقطار الصغيرة مقاومتها أكبر من مقاومة الأحبال الغليظة بالنسبة لوحدة القطاع وهذه مكث الأحبال تختلف بحسب نوع استعمالها ففي الحملات الجافة يمكن أن تمكث كثير خلاف ما إذا كانت معرضة للرطوبة فانها تتلف بسرعة ففي المناجم يمكن أن تقاوم في النادر من أربعة الى ستة أشهر وحيث أن هذا التلف السريع يوجب أن يراعى صافي الاستخراج ويسبب أيضاً للخطر فتستعاض غالباً في المناجم تلك الأحبال بأحبال معدنية

ومعامل مرونة القنب صغير جداً ولا يتجاوز قط 0.0007 أعني أنه بالنسبة للحمل الواحد يستطيل القنب مائة مرة أكثر من الحديد

وقد تصنع الأحبال القنب لغاية قطر ١٠٠ مليمتر وإنما عيب تلك الأسبان هو كونها تصير صلبة جداً وتحدث مقاومة عظيمة للانشنا والتلف ففي المناجم التي تكون فيها أحبال الاستخراج طويلة جداً تصنع مبطة للأجل سمك الجزء الملتف وتسهيل الانثناء

وبعد معلومية أن معامل مقاومة الأحبال البيضاء هو واحد كيلوجرام بالنسبة للمليمتر المربع إذا فرضنا لقطر الحبل مقدراً بالمتر بحرف e وللحل الذي يحمله مع الأمن بحرف Q مقدراً بالكيلوجرام يكون

$$\frac{Q}{e^2} \times 10000 = \text{م} \quad \text{ومنها يحدث}$$

$$s = 0.00113 \sqrt{V}$$

وفي حالة ما يكون الحبل مقطوعا يلزم ضرب معامل المقاومة السابق في ٧٥ ر أي في $\frac{3}{4}$ أعني أنه إذا كان معامل مقاومة الأحيال البيضاء هو م يكون معامل مقاومة الأحيال المقطوعة ٧٥ ر م. وحينئذ يستنتج قطر الأحيال المقطوعة من القانوت

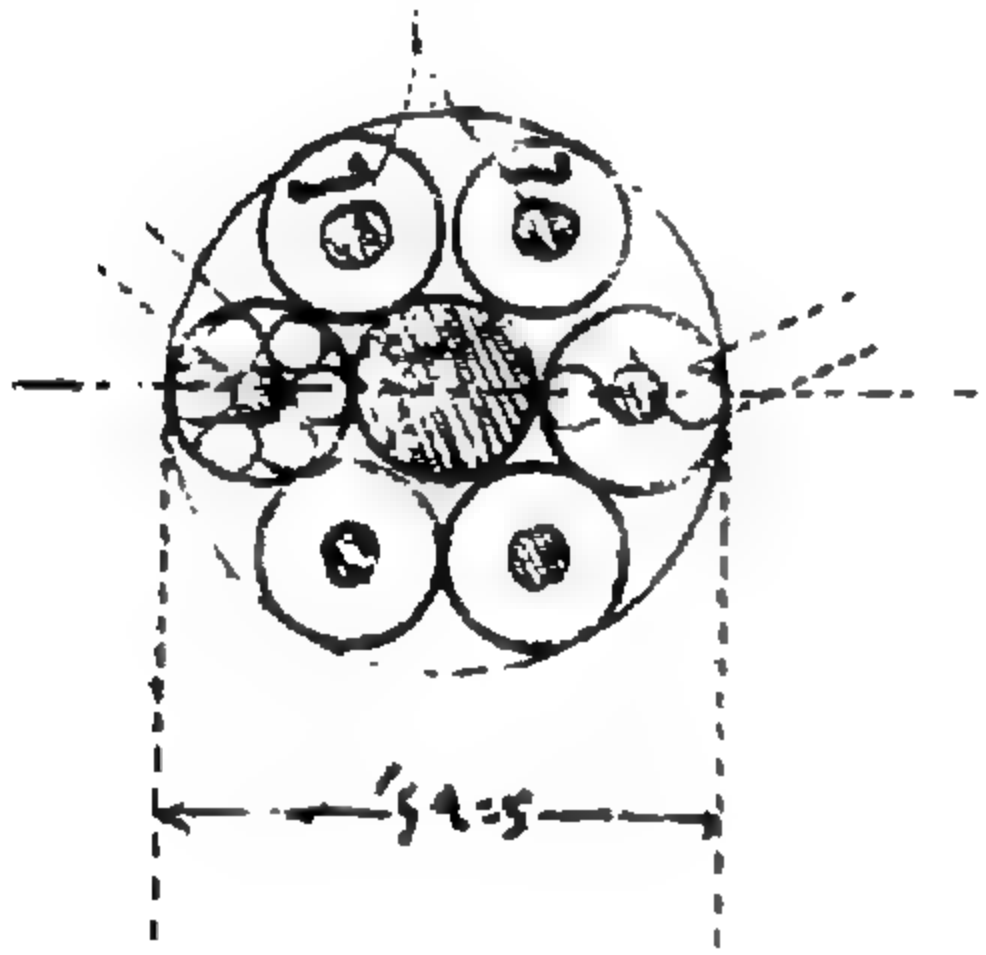
$$s = 0.00113 \sqrt{V}$$

وهناك جدولا يشتمل على مقاومة الأحيال بالنسبة للمتر المربع

جبل الأحيال	قطر	حمل القطع
حبل أبيض	اصغر من ١٤ مليمتر	٨١٨ × ٦٠
حبل أبيض	من ١٤ مليمتر الى ١٧ مليمتر	٦١٥ × ٦٠
حبل أبيض	من ١٧ الى ٢٣	٦١٠ × ٦٠
حبل أبيض	من ٢٤ الى ٥٤	٥١٥ × ٦٠
حبل مقطوع	حيثما اتفق	٤١٤ × ٦٠

في الأحيال المعدنية

المكث انقليل الذي تمكنه احيال القنب في بعض الأعمال وعلى الخصوص في المناجم هو سبب استبدال أحيال القنب بأحيال معدنية كما ذكر



والحبل المعدني يتركب عادة من ستة جدائل وكل جديلة مكونة من ستة سلوك من الحديد ثم أنه في كل جديلة وفي الحبل المعدني نفسه يوضع قلب من القنب المقطوع لمنع تلك السلوك من الصدأ ومن احتكاكها ببعضها ومقاومة الأحيال المعدنية المكونة بهذه الكيفية تتعلق بمقاومة المادة المتركبة منها السلوك وبالقطاع الكلي لهذه السلوك ويقطع النظر في

حسابات تلك الأحيال عن مقاومة القلوب القنب بسبب الفرق للجسيم الذي يوجد بين معامل مرونة الحديد ومعامل مرونة القنب

فاذا فرض حبل معدني مركب من ٣٦ سلكا ورمز بحرف د لقطر أحدها وبحرف ه للحل الذي يحمله الحبل المعدني المذكور مع الأمن وبحرف م لمعامل مقاومة السلوك بالنسبة للوحدة السطحية يحدث

$$\frac{36 \times 3}{4} \times \frac{1}{3} \sqrt{\frac{V}{M}} = D \quad \text{وهي} \quad \frac{36 \times 3}{4} \times \frac{1}{3} \sqrt{\frac{V}{M}} = D$$

وحيث أن قطر الحبل المعدني يساوي تسعة أمثال قطر السلوك كما يشاهد من الشكل فاذا رمز له بحرف د يكون

$$\sqrt{3} = s$$

$$\sqrt{\frac{3}{\frac{20}{\pi}}} = \sqrt{\frac{3}{\frac{20}{\pi}}} = 5$$

وحيث ان قطر السائوك لا يتجاوز ثلاثة مايجزات قط وان المقاومة للقطع بالنسبة للسلوك الحديد التي من هذا القطر تصل تقريبا الى ١٠ كيلوجرام اما بالنسبة للبيد المربع فإنه يمكن اعطاء م المقدار [١٠ × ١٦] بالنسبة للمربع من القطاع بدون ضرر وعليه يكون

$$5 = 5000 \times 16$$

وفي هذا القانون م مقدار بالمتر ، و بالكيلوجرام

وبمقارنة هذا القانون بقانون الأحمال القنب يرى أنه بالنسبة للحمل الواحد اللازم رفعه أن قطر الحبل المعدني هو ($\frac{397}{\pi}$) قطر الحبل القنب أو أربعة اعشار تقريبا

والثقل م مقدار بالكيلوجرام للمتر الطولي من الحبل المعدني المكون من ٣٦ سلكا يتعين من القانون الآتي

$$900 = \frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2} \times 7800 + 10 \times \frac{3}{\pi} \times 900$$

بعد معلومية ان الثقل النوعي لسلوك الحديد هو (٧٨٠٠) وأن الثقل النوعي للأحبال القنب هو (٩٠٠) ويمكن وضع القانون السابق مع الاختصار التقريبي هكذا

$$900 = \frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2} \times 7800 + 10 \times \frac{3}{\pi} \times 900$$

فإذا كان م = [١٦ × ١٠] يحصل

$$900 = 5000 \times 16 = \frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2}$$

وفي حالة ما يكون الحبل من القنب يكون بالمثل

$$900 = 5000 \times 16 = \frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2}$$

وبحينئذ بالنسبة لرفع حمل معلوم فإن الحبل المعدني لايزن الا ($\frac{36}{\pi}$) من ثقل الحبل القنب المستخدم في الطول وبواسطة القانونين الاخيرين يمكن حساب الثقل الخاص للحبل متى كان طويلا وكبيرا نوعا كما يمكن ادخاله في حساب مقاومته للاحتمال المعدل لها

فإذا رمزنا لطول الحبل غير الملتف بحرف ل فإنه متى أريد اعتبار ثقل الحبل المعدني يوضع

$$\frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2} = (36 \times 16 - 36 \times \frac{3}{\pi})$$

$$\frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2} = \frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2}$$

ومنها يحدث

وبناء على كون م = ١٦ × ١٠ يكون

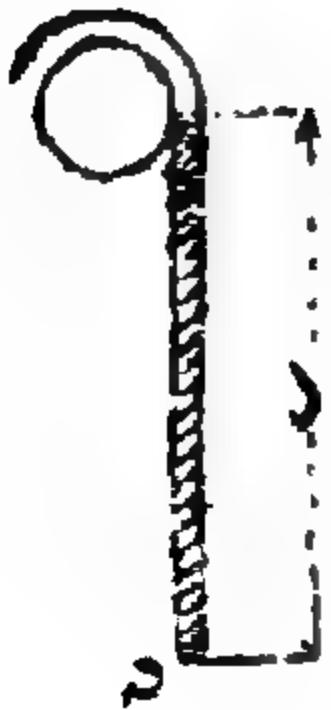
$$\sqrt{\frac{3}{\frac{20}{\pi}}} = \sqrt{\frac{3}{\frac{20}{\pi}}} = 5$$

وفي هذا القانون م مقدار بالمتر ، و بالكيلوجرام

وبالمثل بالنسبة للحبل القنب يكون

$$\frac{36 \times \frac{3}{\pi}}{2} = (36 \times 16 - 36 \times \frac{3}{\pi})$$

$$\sqrt{\frac{3}{\frac{20}{\pi}}} = \sqrt{\frac{3}{\frac{20}{\pi}}} = 5$$



وفي هذا القانون s مقدار بالمتر 1 و بالكيلوجرام

في حساب الجاويطات ومسامير البرشام

الجاويطات - عند استعمال الجاويطات في ربط اغطية اسطوانات البخار يلزم ان تعطى قوة شد من ١٥ الى ١٥٠ كيلوجرام ويجب تباعدها عن بعضها من ١٠ الى ١٥٠ ملليمتر ويجب ايضا ان لا يكون عن الانسان الذي يزن ثقل الصاعولة بواسطة المفتاح كافيا لكسر الجاويطة

وقد اع من الجاويطة مثلث متساوي الاضلاع ذو زاوية مستديرة والخطوة تساوي $\frac{1}{8}$ القطر والاستدارة تساوي $\frac{1}{8}$ البروز وينتج من ذلك ان القطر في نهاية السنة من جهة المحور يساوي في الظاهر ٨٠ ر القطر في الجزء الاملس وقطر الجزء الاملس يستعمل في تعيين ابعاد الجاويطة فيقال للجاويطة جاويطة من ١٥ أو من ٥٠ ملليمتر الخ بناء على كون قطر جزءها الاملس مساويا للمقادير المذكورة على التناظر فإذا رزنا للقطر في نهاية السن بجرف $ك$ فيكون القطاع المقاوم هو $\frac{1}{4} ك$

وحيث ان $ك = ٨٠$ فيكون

$$ك = ٨٠ \times \frac{1}{4} = ٢٠$$

وحيث ان معامل المقاومة المستعمل عادة في الجاويطات هو ٦ كيلوجرامات على المليمتر المربع في المتوسط يكون الحمل $ح$ للجاويطة قطرها $ك$ هو

$$ح = ٦ \times \frac{1}{4} \times ك = ١٥ ك$$

ومن هنا يحدث بعد اجراء الحساب

$$٧٠٥٥ = ٦ ح$$

وهذا القانون مفروض فيه ان معامل المقاومة ٦ كيلوجرامات مع أنه يقتضى تغييره بحسب جنس الحديد المستعمل لصناعة الجاويطة وحينئذ في القانون السابق الذي يمكن وضعه بهذه الصورة $ك = ٧ ح$ يمكن استعمال المقادير الآتية

انواع الجاويطات	مقادير $ك$	مقادير $ح$ على المليمتر المربع
جاويطات مستعملة في الانحساب	٧٠	١٠
جاويطات من الحديد الجيد مستعملة في الآلات	٦٠	١٥
جاويطات من الصلب المسقى بالجلد مستعملة في الآلات	٥٠	٧٩٠
جاويطات نقية مستعملة في الآلات	٤٥	٩٧٥
جاويطات مصبوبة ونسقية مستعملة في الآلات	٤٠	١٢٩٠

وهذه المقادير مستعملة في ورشة سكة حديد الشمال بفرنسا

ويجب ان تكون الاجزاء المختلفة للجاويطة متناسبة جيدا

فالرأس يجب ان تشتمل على سطح تماس مساو لقطاع الجاويطة

وحينئذ يمكن ان يوضع

$$\frac{ط}{\frac{1}{4}} = (\frac{1}{2} - \frac{1}{4}) \frac{ط}{\frac{1}{4}}$$

$$\text{ومنه يحدث } \frac{1}{4} = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

ومقدار $\frac{1}{4}$ هذا صغير ولذا عند عمل الجاويطة يجعل $ا = ١$ و $س = ١$ اذا كانت الرأس سدسة واذ كانت

الرأس مستديرة يجعل $ا = ١$ و $س = ١$ على الأقل

في سمك الرأس - يجب ان يوضع

$$\frac{ط}{\frac{1}{4}} = ط س هـ$$

ويفهم من هذه المعادلة ان رأس الجاويطة تميل الى الكسر على سطح اسطوانى ط و هـ الذى فيه هـ عبارة عن

ارتفاع رأس الجاويطة وان هذا السطح يجب ان يكون مساويا لقطاع $\frac{ط}{\frac{1}{4}}$ للجاويطة وتكون مقاومتها عين

مقاومته ومن هذه المعادلة ينتج $هـ = \frac{1}{4}$ على الأقل

ولكن غالبا يجعل $هـ = ١$

في سمك السامولما - يجب ان يوضع

$$\frac{ط}{\frac{1}{4}} = ٨٠ ن ط س هـ (هـ رمز لارتفاع الصامولة)$$

$$\text{ومنها يحدث } \frac{1}{4} = ٨٠ ن ط س هـ \quad \frac{1}{4} = ٨٠ ن ط س هـ$$

وهذا المقدار ايضا صغير فيجب ان يكون بالنسبة للصواميل السفلى $\frac{1}{4} = ٨٠ ن ط س هـ$ وبالنسبة للصواميل المعتادة

$$\frac{1}{4} = ٨٠ ن ط س هـ \quad \frac{1}{4} = ٨٠ ن ط س هـ$$

في مسامير البرشام - مسامير البرشام تستعمل لربط جملة الواح من الحديد الصاج أو من الخاس بعضها بعض

ويتركب مسامير البرشام من الرأس والساق والبرشام فالرأس قد يكون كرويا او على شكل مخروط ناقص

والبرشام كذلك وقد يوضع بواسطة المطرقة الصغيرة المعدة لذلك أو بواسطة الآلة

وسمار البرشام يوضع على الحامى ويجب ان يملأ بالضبط الثقب المصنوع في الصاج المطلوب ويثبت ببعضه

وهذا الثقب يجب ان يكون اسطوانيا ما امكن والمقادير التى تقطع لأجزاء سمار البرشام بالعمل باعتبار

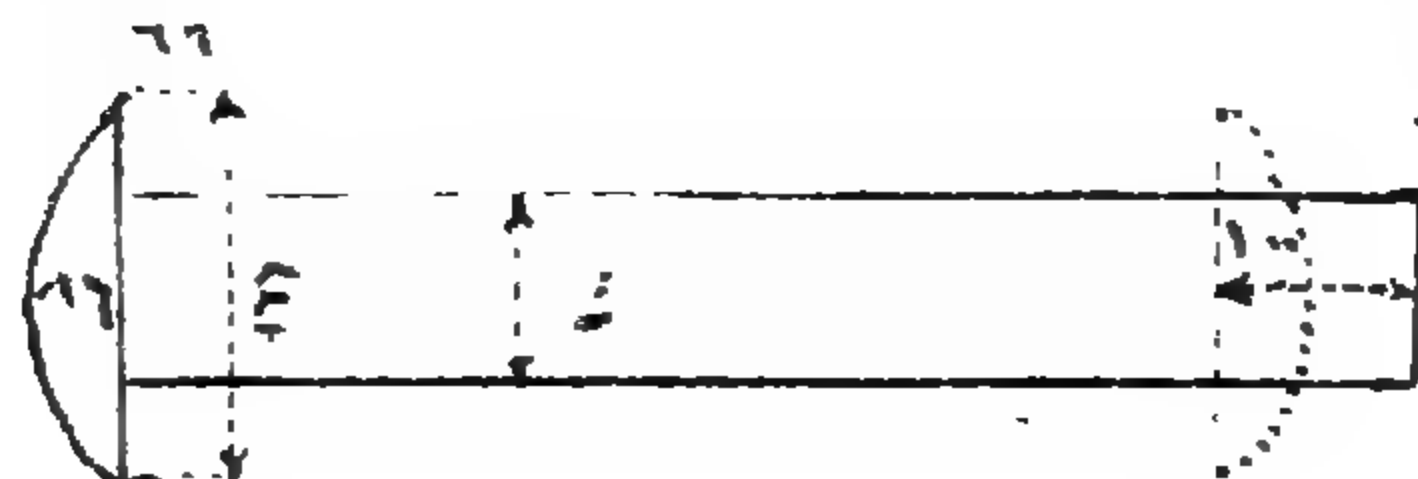
$$س = ١٠٠ ر هـ$$

بروز الرأس = ٦٦ والرأس قطعة كروية نصف قطرها ٨٦ وقطر قاعدة القطعة ١٦٦ ولاجل تكوين

الرأس الأخرى أى البرشام بحيث تكون مشابهة للأولى يلزم ان يكون بروز ساق سمار البرشام مساويا

١٠٠ ر يجب ان يلاحظ ان هذه المقادير تكون بالنسبة للبرشمة التى تصنع بالمطرقة التى لا يلزم فيها وجود

زيادة من الحديد



ومسامير البرشام الطويلة جدا يلزم قطعها على حساب السمك واذا رمزنا لقطر القنب بحرف δ وسمك لوح الصاج اللازم ثقبه بحرف δ فإنه يكون

$$\delta = \frac{3}{4} \delta$$

وعادة تكون الثقب المطلوب عملها في الصاج ذات قطر ضعف سمكها اعني يكون $\delta = \frac{3}{4} \delta$ وهذا هو الجاري في العمل ومتى كان الصاج متأثرا بجبل شد فإن مسامير البرشام تميل الى القطم أو القص فاذا رمزنا للمقاومة الحديد للسند بالنسبة للوحدة المسطحية بالرمز m والمقاومة للقص بالرمز m يكون

$$m = 0.8 m$$

ولاحظ بعين عدد مسامير البرشام وابعاد اجزائها نتكلم ابتداء على الحالة التي يراد فيها عمل برشمة غير منفذة للسوائل والغازات وهي حالة برشمة قزانات البخار وصهايج الهواء والماء المضغوطين ونحو ذلك فنقول ان العمل نفسه هو الذي يعين في هذه الحالة أبعاد وتباعد مسامير البرشام كالآتي المتباعد من محور الى آخر $a = 2 \delta$ ش k (m سمك اللوح الصاج) وقطر الرأس $\delta = 0.1 \delta + 0.03$ معنى متر وقطر سمار البرشام $\delta = 0.03 \delta$ ولا تستعمل هذه القوانين التجريبية كما هي بالضبط بل لأجل عدم تعدد العدد الخاصة بالبرشمة يستعمل قطر واحد لسمار البرشام لجملة اسماء مختلفة للصاج

فهي كان الضغط داخل القزات مرتفعاً جداً بأن كان أكبر من ٧ الى ٨ جوات بحيث يكون القزات متأثراً كثيراً أو كانا صاج رقيقاً مثل الصاج الذي من الصلب أو كانت اشكال القزانات صعبة الامساك فتصنع البرشمة على هيئة صفوف شطرنجية بحيث يكون الخط المتوسط للصفوف على بعدين متساويين من طرف القطعة وان مسامير برشام أي صف تكون مع مسامير الصف المجاور له مثلثات متساوية الاضلاع وأما في حالة التلاويج التي من الصاج أي في اشغال ربط الصاج ببعضه ليتكون عن ذلك شكل مكون النوع تالويج فإن عداد واقطار مسامير البرشام يتعينان بحسب احوال المقاومة

وحينئذ بعد معلومية ان قوة الالتصاق الواقعة بين الصاج وبعضه الحادث من كل ملحق مربع من قطاع سمار البرشام تختلف من ١٤ الى ١٨ كيلوجراما يمكن ان يقول على $\frac{1}{3}$ الى $\frac{1}{2}$ مع الأمن وليكن $\frac{1}{3}$ وحينئذ اذا رمزنا بحرف δ سمك لوح من الصاج مقدرين بالمليمتر فالمقاومة التي تنشأ عنه تكون $\frac{1}{3} \delta$ س δ

وحيث ان مسامير البرشام تحدث قوة الصاق قدرها $\frac{1}{3} \delta$ س δ الذي فيه δ رمز لعدد مسامير البرشام δ رمز لقطاع احد المسامير فاذا جعل δ رمز لقطر سمار البرشام يكون

$$\delta = \frac{\delta}{4} \delta = \delta$$

$$\delta = \delta \delta = \frac{\delta \delta}{4} \delta = \delta$$

وحيث انه يلزم ان تكون المقاومة واحدة بالنسبة لجميع اجزاء الصاج فيكون

$$\frac{1}{3} \delta \delta = \delta \delta = \delta \delta$$

(٢٣)

$$\frac{L_7}{375 \text{ طس}} = \frac{L_8}{\text{طس}} = 1$$

وهذا العدد هو النهاية النظمية للأرض
وعادة يعتبر للالتصاق $\frac{L_7}{375}$ عوضاً عن $\frac{L_8}{\text{طس}}$ وهذا يؤدي إلى القانون

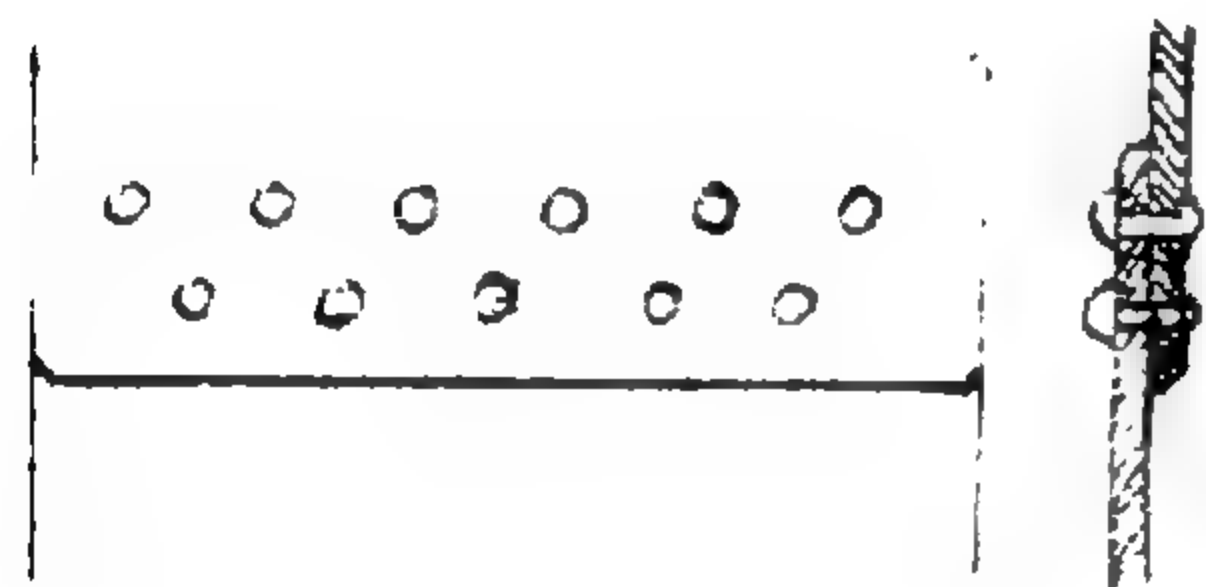
$$\frac{L}{\text{طس}} = 1$$

وحيث كانت مقاومة الحديد في القانون السابق $\frac{L_7}{375}$ وهي
تساوي قوة الالتصاق $\frac{L_7}{375}$ بالنسبة لمسار البرشام في الواقع
أنه إذا كان الحديد محلاً قليلاً يكون مسار البرشام كذلك
وحيث يجب مراعاة التساوي بين المقاومتين في جميع الأحوال
مثال - إذا كان المطاوي برشمة لوحين من الصاج سمك كل منها
١٤ مليمترًا وعرضه ١٠ مليمتر فماعدد مسامير البرشام

$$\text{لذلك يقال أن } 14 = \frac{10 \times 12}{14 \times 12} \text{ أو}$$

$$12 = 10 \text{ أو } 15$$

فإذا وضعت على مستقيم واحد فالمسافة الكائنة بين محوري مسامير متتابعين تكون مساوية إلى $\frac{10}{12}$ مليمترًا
ولكن حيث كان سمك الصاج = ١٤ مليمترًا فيلزم أن لا تكون المسافة



بين المحورين أقل من 14×4 مليمترًا = ٤٨ مليمترًا وحيث يجب
وضعها على شكل شطرنجى منها ٨ على مستقيم ٦ على مستقيم آخر
وتكون المسافة بين المحورين في هذه الحالة هي 10 مليمترًا تقريباً
لكن هذا التركيب من الصاج ليس هو الأحسن حيث أنه يميل لكسر

البرشمة وحيث تستعمل اغطية اللحامات لكن إذا استعمل فطاء واحد فالتركيب يميل لأن يأخذ الشكل المرفوع
في (١) (٢) وهذا أيضا رديء



وحيث يجب استعمال غطاء لحام سمك كل منها نصف سمك الصاج كما في شكل ٣ ولكن في هذه الحالة
يوجد التصاقان مقابلان لتأثير مسار برشام واحد وحيث يفرض أن قوة الالتصاق تساوي مقاومة
الصاج دائماً يكون

$$1 \times 10 \times 12 = 10 \times 12 \times 1 \text{ وحيث أن}$$

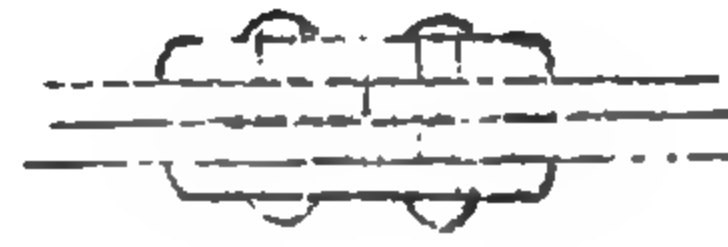
ب = ط $\frac{ط}{٤}$ ، س = س فيكون ب = ط ش ويحدث

، ٢٥ × ط ش = م س ل ومنها يحدث

ه = $\frac{ك}{ط ش}$ حيث أن أ = م

وينتج من ذلك ان عدد مسامير البرشام يمكن ان يكون نصف العدد الكلي بالنسبة للطريقة الاولى وحيث أنه يلزم ان يوضع على الأقل خطان من مسامير البرشام فيستعمل العدد الناتج من هذه الطريقة الأخيرة وتكون حينئذ هذه الطريقة أحسن بكثير من الأولى

ومنى كاد لوحان من الصاج موضوعين على بعضهما فيجعل أحد اللوحين غطاء لحام لكن هذا التركيب ردى حيث أنه اذا كان ش رمزاً لشدة الجلة فشدة كل لوح من الصاج تكون $\frac{١}{٢}$ ش ولكن شدة اللوح المنفصل تنقسم الى قسمين أحدهما $\frac{١}{٢}$ ش في غطاء اللحام والثاني $\frac{١}{٢}$ ش في الصاج الأسفل الذى يمل حينئذ $(\frac{١}{٢} + \frac{١}{٢})$ ش $\frac{١}{٢}$ ش وحينئذ فلا جمل ان لا يكون اللوح الأسفل محملاً زيادة عن الذى فوقه فيلزم تقويته بغطاء لحام مشابه للذى فوقه أعنى يكون سمكه نصف سمك الصاج المفروض



ومنى وجد أن يد من لوحين موضوعين فوق بعضهما فيجئ ان الحمل الإضافى يمكن توزيعه على عدد كثير من ألواح الصاج فيمكن أحياناً الاستغناء عن غطاء اللحام الأسفل لكن الأحسن وضع غطاء اللحام المذكور وفي هذه الحالة أيضاً حيث أنه عند قرب لحامات الانفصال بعضها من بعض فإن أغشية اللحات تقرب من بعضها كذلك وتكرر فالأحسن جعلها لوحاً واحداً من الصاج وحيث أن العدد الضرورى لمسامير البرشام لا يمكن وضعه على انعمور على خط واحد وكان التأثير الحاصل من مسامير البرشام المذكورة هو

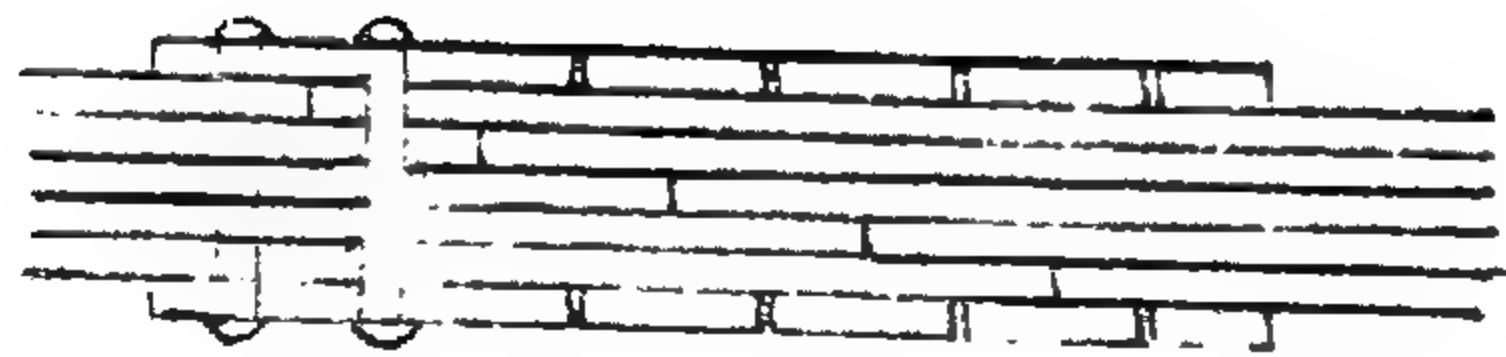
اولاً حدوث التصاق بين الصاج وغطا اللحام الذى ينقل عليه تأثير شدة الصاج

ثانياً اصناف الصاج وغطا اللحام الموضوعه فيها فيجئ ان يجب اعتبار هذين التأثيرين

قد علم ما تقدم ان عدد مسامير البرشام

الضرورية لعمى اللحام بأ من عظيم هو

ه = $\frac{ك}{ط ش}$



مع أنه في بعض الانشآت قد يكون عدد

مسامير البرشام نصف ذلك وقد علمنا أيضاً

أن غطاء اللحام يلزم ان يكون مكوناً من قرصين متساويين سمك كل منهما يساوى $\frac{١}{٢}$ ش ومجموعهما المكون

للسمك س هو ما يسمى بغطا اللحام

وحيث أن مسامير البرشام الداخلة في غطاء اللحام تقلل عرضه المقاوم وتنقل عليه جزء من الحمل الكلي فاذا رمز للحمل المذكور بحرف ش تكون شدة الصاج المنفصل هي

$$م = \frac{\text{ش}}{س \times ل}$$

قبل الصف الأول لمسامير البرشام وتكون في الصف الأول لمسامير البرشام الذي فيه عدد المسامير ٦ هي

$$\begin{aligned} م &= \frac{\text{ش}}{س(ل - ٦هـ)} \text{ ويكون} \\ \frac{ل}{س} &= \frac{ل \times س}{س} \times \frac{\text{ش}}{س(ل - ٦هـ)} = \frac{\text{ش}}{م} \end{aligned}$$

فاذا فرضنا ان $\frac{ل}{س} = ٤$ را مثلا الذي لا يجب تجاوز يكون

$$٤ را (ل - ٦هـ) = ل \text{ أو } ٤ \times ل = ل + ٦هـ \times ل \text{ ومنها يحدث}$$

$$\frac{ل}{س} \times \frac{١}{٤} = \frac{ل \times ٤}{س \times ٤} = ٦هـ$$

وهو مقدار عدد مسامير البرشام في الصف الأول وهو ينقل بالالتصاق على غطاء اللحام الحمل الآتي

$$\frac{١}{٤} م \times ٦هـ \times ٤ = ٦هـ \times م \times \frac{٤}{٤} \times \frac{ل}{س} \times \frac{١}{٤} \text{ أو}$$

$$\frac{١}{٤} م \times ٦هـ \times ٤ = ٦هـ \times م \times ١ \text{ أو } ٦هـ \times م \times ٤ = ٦هـ \times م \times ٤$$

حيث ان الحمل الباقي الا ان نقله في الصاج قبل الصف الثاني لمسامير البرشام يكون

$$\text{ش} - \text{ش}$$

ولكن الصف الثاني فيه عدد من مسامير البرشام قدوة ٦هـ

وبمن ان المقاومة المعتبرة هي م أيضا يكون

$$م \times س(ل - ٦هـ) = \text{ش} - \text{ش} \text{ أو}$$

$$٤ را م س (ل - ٦هـ) = \text{ش} - \text{ش} = ٦هـ \times م \times ل \times ٤$$

ومن هذا الارتباط بحسب مقدار ٦هـ ولكن العدد ٦هـ لمسامير البرشام ينقل على غطاء اللحام جميعا قدوة

٦هـ وحينئذ فيحسب العدد ٦هـ لمسامير برشام الصف الثالث بأن يوضع ايضا

$$٤ را (ل - ٦هـ) \times م \times س = \text{ش} - \text{ش} - \text{ش} \text{ وهكذا}$$

لكن حيث ان التوزيع يلزم ان يكون واحدا بالنسبة لغطاء اللحام أعني ان يكون عدد الثقوب في وسطه

أقل ما يمكن وزيادة على ذلك يلزم ان تكون مسامير البرشام المذكورة موضوعة بكيفية متماثلة بالنسبة

لخط اللحام فيرى ان مقدار ٦هـ ، ٦هـ ، ٦هـ ، ... والح يلزم ان تكون اخذة في التزايد بحيث يكون

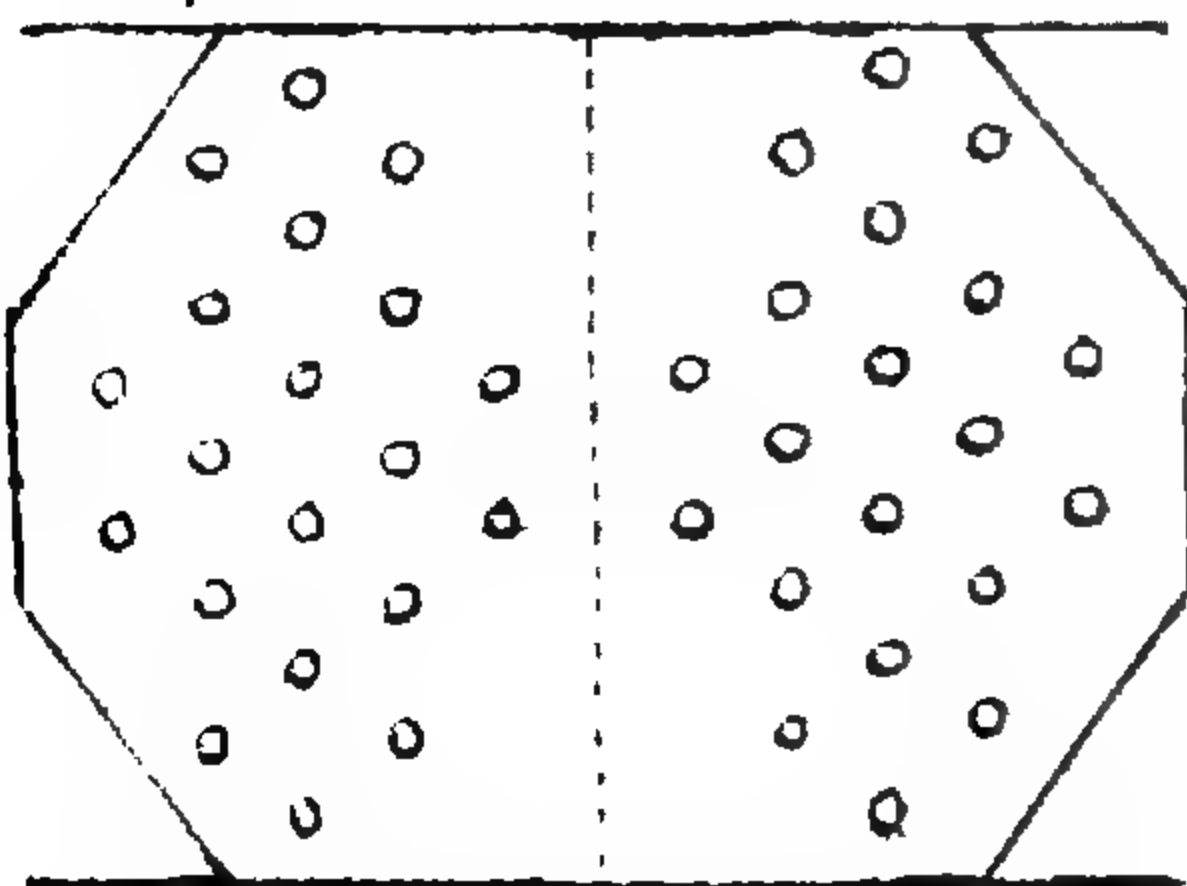
$$\frac{٦هـ}{٤} = \frac{٦هـ}{٤} + \frac{٦هـ}{٤} + \dots + \frac{٦هـ}{٤} + \frac{٦هـ}{٤}$$

وحيث في الشكل الآتي يلزم ان يوجد

$$\frac{٦هـ}{٤} = \frac{٦هـ}{٤} + \frac{٦هـ}{٤} + \frac{٦هـ}{٤} + \frac{٦هـ}{٤} = \frac{٦هـ}{٤}$$

ومسئلة دراسة غطاء اللحامات مهمة جدا حيث انها تدخل بشقل

كبير في القناطر المعدنية وهذا الشقل يختلف من ١٠ الى ١٥ جزء



$$\begin{aligned} ٤ &= ٦هـ \\ ١٠ &= ٦هـ \\ ٦ &= ٦هـ \\ ٤ &= ٦هـ \end{aligned}$$

في المائة من الثقل الكلي وحيث ان وجود غطا اللحامات ناشئ عن عدم استمرار الصاج الذي باستمرار لا يكون لوجودها ضرورة فيجب حينئذ تقليلها ما أمكن بدون أحداث ضرر في الصلابة
وهناك جدولان خاصين بمسامير البرشام وأبعادها عن بعضها وسبك الصاج المقتضى ربطه

قطر مسامير البرشام	سبك الصاج المقتضى ربطه بها فيه سبك الزوايا
مليمتر	مليمتر
	من الى
٨	٦ الى ١٠
١٠	١٠ الى ١٢
١٢	١٢ الى ١٤
١٤	١٤ الى ١٦
١٦	١٦ الى ٢٠
١٨	٢٠ الى ٢٥
٢٠	٢٥ الى ٣٥
٢٢	٣٥ الى ٥٠
٢٥	٥٠ الى ٧٠

اقطار مسامير البرشام بالمليمتر	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	١٨	٢٠	٢٢	٢٥
أبعاد مسامير البرشام من محور الى آخر المليمتر	٥٠ من ٦٠ الى ٧٠	٦٠ من ٧٠ الى ٨٠	٧٠ من ٨٠ الى ٩٠	٨٠ من ٩٠ الى ١٠٠	٩٠ من ١٠٠ الى ١٢٠	١٠٠ من ١٢٠ الى ١٤٠	١٢٠ من ١٤٠ الى ١٦٠	١٤٠ من ١٦٠ الى ١٨٠	١٦٠ من ١٨٠ الى ٢٠٠

وعادة يترك بين محاور البرشام وحافة الصاج بعد قدر مرتين ونصف قطر البرشام وهذا المقدار يتغير عادة من ٤٠ مليمتر الى ٥٠ مليمتر

في مسامير برشام أفوان القزانات

هذه المسامير كل منها عبارة عن ساق يربط الأجزاء الداخلة لفرد القزان مع الأجزاء الخارجة ورأسه من أحد الطرفين كروية على العمود ويرشتم من الطرف الآخر ولأجل وضعه في محله يوضع فوق رأسه مربع لأجل امكان تدويره والطرف الذي يبرز عن السبك يبرشتم بواسطة الآلة والساق مقلوز والمسامير المستعمل قد يكون من نحاس أو من الحديد المطاوع بحسب كون الجدران الداخلة من النحاس أو من الحديد وعلى العمود يلزم أن يكون معدن المسامير من جنس معدن الجدران الداخلة اذ بدون ذلك يمكن خروج المسامير المذكور بسبب عدم تساوي تمدد المعدن

والتباعد بين المسامير يختلف من ٩٠ الى ١٤٠ ملية من محور إلى آخر وكل منها يتحمل ضغط البخار على مربع ضلعه مساو لتباعدها عن بعضها فإذا كان الضغط المذكور كبيراً جداً أو إذا كان تباعد المسامير عن بعضها كبيراً جداً فإن الصاج يتحنى والسناد يخرج من محله وقد ظهر من التجارب المخصوصة أن نوع المسامير المذكورة يمكنها أن تتحمل لخاية ٣٠ كيلوجراماً بتأثير الشد على المليمة المربع وإنما يجب تباعدها عن بعضها بحيث لا تتحمل إلا بالسدس أى ٥٠ كيلوجرامات في النهاية العظمى وحينئذ إذا مرنا بحرف ٢ لتباعد المسامير عن بعضها وحرف ٣ لضغط البخار على المليمة المربع وبحرف ٤ لقطر المسامير وبحرف ٥ لقطر في مبدأ القلونة من جهة المحور فإنه يكون

$$٥ \times ٢ = ٣ \times \frac{٤}{٢}$$

ويفهم من ذلك أن قطر المسامير يلزم أن يكون مناسباً للتباعد والقطر هنا هو القطر في مبدأ القلونة وقد يمكن هنا كما في التجارب أن نجعل

$$٥ = ٥.٠٨ \text{ وعليه يكون}$$

$$\frac{٤}{٢} = ٥.٠٦٤$$

وحيل $٣ = ٥$ كيلوجرامات فإن المعادلة السابقة تقول إلى

$$٥ \times ٢ = ٣ \times \frac{٤}{٢} \times ٥.٠٦٤ \text{ ومنها ينتج أن}$$

$$٥ = \frac{٣ \times ٢ \times ٥.٠٦٤}{٢} = ١٥.١٩٢$$

مثال - في وإورات الأوكرومونيث سبك الصاج س = ١٣ ملية غالباً والضغط يقابل إلى ٩ جوات وهذا يؤدي باعتبار ضغط البحر إلى حمل مقدار ٥ = ٠.٨٤٦ كيلوجراماً بالنسبة للمليمة المربع ويكون حينئذ

$$١٥.١٩٢ = ٥ \text{ فإذا كان } ١ = ١٠٠ \text{ مليمة فيكون}$$

$$٥ = ١٠٠ \times ٠.٨٤٦ \times ١٥.١٩٢ = ١٢٥.٠٥٠ \text{ مليمة}$$

فيعطى عادة القطر المذكور ٥، ملية تقريباً في هذه الأحوال وهذا المقدار يقابل مقدارا للمقاومة قدر ٤ كيلوجرامات بالنسبة للمليمة المربع وحينئذ فيحسب الحساب على فرض أن المقاومة ٤ كيلوجرامات باعتبار ٩ جوات مع عدم تجاوز ٢ مقدار ١٤٠ ملية واستخراج مقدار ٤ ثانياً

في الضغط

في ضغط الأجسام المنشورية

أذا وقع على جسم منشوري قوة ضغط في اتجاه محور فأن طولها يقصر وعند البحث عن القانون الرابط بين كميات القصر والانحناء والقطاع متى كان طول المنشور قليلا وغير قابل للانحناء فأن القواعد تكون عين قواعد حالة الشد اعني ان الانكماش أو القصر لا يكون متناسبا طرديا للطول المنشور وللحمل في الواقع عليه وعكسا للقطاع ب وللمعامل و الخاص بكل مادة ويمكن بيان ذلك بالارتباط

$$\bar{L} = \frac{L_0}{L} \quad \text{أو} \quad \bar{W} = \frac{W_0}{W} \div \frac{L_0}{L}$$

ويفهم من ذلك ان معامل المرونة و للضغط يكون عبارة عن النسبة الثابتة الواقعة بين الحمل المنسوب لوحدة السطح وبين الانضغاط أو القصر المنسوب لوحدة الطول

وهذا القانون لا يستعمل الا في بعض حدود فيها لا يتجاوز الضغط نهاية المرونة وفي هذه الحالة يعود المنشور لطوله الأصلي عند حذف قوة الضغط الواقعة عليه ولا يحصل له انكماش ظاهر

وفي الحديد المتجاوز نهاية المرونة المطابق بالنسبة للحديد الى حمل يختلف من ١ الى ١٨ كيلوجرام بالنسبة للمليمتر المربع الواحد فان الانكماشات المستديمة تأخذ في الازدياد ومعامل المرونة و يتغير على حسب قاعدة غير منتظمة ليس لها اهمية حيث أنه لا يتجاوز في العمل نهاية المرونة قط

وعجبا الاعتناء في استعمال القوانين في الحدود التي تكون فيها صحيحة ومتى صار الاعتناء بذلك فإنه لا يتوصل مطلقا الى نتائج غير صحيحة

والتجارب الخاصة بتعيين المعامل و قليلة وهذا المعامل بالنسبة للحديد هو تقريبا في المعامل و الخاص بالشد والفرق بين هذين المعاملين بالنسبة للحديد الزهر قليل

وممارسة هذه الفروقات قليلة وليس لها اهمية كبيرة في العمل وعلى العموم يفرض تساوي المعاملين و ما و اعني أنه لا يوجد في العمل ادنى فرق بين معامل المرونة للشد والضغط من حمل الكسر بالنسبة للضغط

احمال الكسر بالنسبة للضغط تتعلق على الخصوص بطول المنشور وفي الواقع لا يمكن في بادئ الأمر معرفة كيفية حصول الكسر متى كان الضغط محكما في محور الالياف لأنه متى كان طول الساق المتأثر بقوة الضغط كبيرا فإنه يحصل انثناء يحدث للكسر ينسحب للشد لكن اذا لم يحصل الانثناء فأن الضغط يحدث استطالة جانبية وهي نوع من التمدد يميل لفصل العناصر المتجاورة بعضها عن بعض وما في حينئذ لحظة فيها يحصل الانفصال السابق ذكره والمادة تنكسر أو تنفتت وحينئذ يجب في حالة الكسر بتأثير الضغط ان يبين حالتين

الاولى ان يكون طول المنشور المضغوط قصيرا جدا بحيث يكون غير كافا لحصول الانثناء

الثانية ان يكون طول المنشور المضغوط كبيرا بالنسبة لمرضه بحيث يكون كافيا لحصول الانثناء

الحالة الاولى - اذا فرض منشور قصير شكله مكعب تقريبا فأن حمل الكسر أو الفتق يكون متناسبا

للقطاع

للقطاع وغير متعلق بالطول فبالنسبة للحديد على العموم (المطروق والصاج وسلوك الحديد) فإن المقاومة للكسر بتأثير الضغط هي في المقاومة للكسر بتأثير الشد ولكن في العمل تعتبر المقاومة في الحالتين واحدة مع اعتبار معامل الأمن فيها $\frac{1}{2}$ وملاحظة أنه أكبر حمل يمكن توقيعه على المليمتر المربع من القطاع العرضي للحديد هو ٦ كيلوجرام

وأما في الحديد الزهر فإن المقاومة للكسر بالضغط أكبر من المقاومة للكسر بالشد وقد نتج من التجربة أن الأولى قد والثانية خمس مرات ونصف ٥.٥ ده أعني ٣٦ كيلوجرام بالنسبة للمليمتر المربع من القطاع العرضي المتوسط

لكن بناء على كون مادة الزهر غير متجانسة فقد جعل معامل الأمن له صغيرا بحيث لا يصير تشغيل الزهر بالضغط الأبخنسة كيلوجرامات على المليمتر المربع متى كان الحديد الزهر مستعملا في القنامل وبالنسبة للقر فإن المقاومة للضغط $\frac{1}{2}$ ثلثي المقاومة للشد أعني أنها $\frac{1}{3}$ ٨٠٠ كيلوجرام أو ٣٣٥ كيلوجرام بالنسبة للسنتي متر المربع

وبالنسبة لخشب الصنوبر والتنوب وجميع الأخشاب البيضاء فإن المقاومة للكسر بالضغط ليست النصف المقاومة للكسر بالشد أعني أنها من ٤٠٠ إلى ٥٠٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتي متر المربع وينتج من ذلك أنه بالنسبة للمقاومة يلزم استعمال خشب القرو أو البلوط في الضغط وخشب التنوب في الشد ومع ذلك فلا تتبع دائما هذه القاعدة حيث أنه قد يلاحظ في الانشاء أحيانا الصلابة وأحيانا المصدرف

لحالة الثانية متى كان طول المنشور كبيرا بالنسبة لعرضه فإن المقاومة تتناقص بسرعة جدا حيث أنه يحدث انثناء للساق المنشوري الذي يصير حينئذ نوع زنبك على شكل قوس دائرة متأثر بقوة متجهة في اتجاه وتره

وقد ظهر من التجربة أن عمود الظهر الذي يختلف طوله من صفر إلى خمسة أمثال قطره ينكسر دائما بالتفتت البسيط وأنه متى كان الطول محصورا بين ٥.٥ و ٥.٥ مرة القطر فإن حادثة الكسر تكون مختلطة أي أنه يوجد في آن واحد تفتت بسيط وانثناء وأخيرا متى تجاوز الطول ٥.٥ مرة القطر فيحصل دائما الكسر بالانثناء ويجري ابتداء الانثناء فانه يميل للازدياد بسرعة بمجرد حصول ازدياد الضغط ومتى كانت أطراف الأعمدة مثبتة فأنها تصير أقوى ثلاث مرات مما إذا كانت أطراف الأعمدة مطلقة ويمكن إجراء التثبيت من أعلى وأسفل بواسطة تيجان وقواعد مربوطة جيدا بالجوابط

عند تساوى المادة المستعملة يكون من المفيد إعطاء العمود شكل استقاع في الوسط إذ بذلك يحصل ازدياد المقاومة بقدر المسبع أو الثمن وذلك لأن هذا الشكل لا يسهل حصول الانثناء وعند تساوى المادة المستعملة فالعمد المجوفة تقاوم أكثر من العمد المصمتة وإنما يجب أن يراعى الدقة في انتظام سمك العمدان المجوفة إذ بذلك تكون المقاومة قليلة

وهالك قانونين لمعرفة حمل الكسر في العمد المصمتة للحديد والظهر وضعا بالتجربة

$$Q = \frac{0.337 + 0.0004 L^2}{L} \times \text{النسبة لعمد الزهر}$$

و = $\frac{١٠٥٥ + ٥٠٠٠ (١/٢)}$ بالنسبة لعمد الحديد

وفي هذين القانونين و رمز الحمل الحقيقي للكسر مائة رمز الحمل المكسر المطابق لقطاع العمود باعتبار الضغط البسيط وهذا الحمل سبق التكلم عليه ، ل رمز الارتفاع العمود ، و رمز لقطر ثم ان استعمال هذين القانونين لا يكون صحيحا الا اذا كان الارتفاع على الاقل مساويا عشرين مرة القطر ويرى من القانونين المذكورين ايضا انه اذا كانت عمدة الزهر اكثر مقاومة من عمدة الحديد في الحالة الاعتيادية فانها تكون اقل مقاومة من عمدة الحديد متى كان الارتفاع كبيرا جدا بالنسبة للقطر وعلى ذلك فتكون عمدة الحديد حينئذ اكثر مقاومة من الاولى

في حساب القوائم الخشبية

قد نتج من التجارب التي عملت على القوائم الخشبية القوانين الآتية وهي

$$\begin{aligned} \text{ح} &= \text{ك} \times \frac{\text{ح}^2}{\text{ل}^3} \quad \text{بالنسبة للقوائم المربعة} \\ \text{ح} &= \text{ك} \times \frac{\text{ح}^3}{\text{ل}^3} \quad \text{بالنسبة للقوائم المستطيلة} \\ \text{ح} &= \text{ك} \times \frac{\text{ح}^3}{\text{ل}^3} \quad \text{بالنسبة للقوائم المستديرة} \end{aligned}$$

التي فيها ح رمز الحمل المكسر مقدرا بالكيلوجرام

ل رمز للضلع الاكبر للمستطيل مقدرا بالمتر

ل رمز للضلع الاصغر للمستطيل أو لضع المربع مقدرا بالمتر

ل رمز للقطر مقدرا بالمتر

ل رمز لطول القائم مقدرا بالمتر

ك رمز لمعامل مقدار يختلف بحسب انواع الاخشاب كالآتي

$$\text{ك} = ٥٦٥ \times ٦٠ \quad \text{بالنسبة للبلوط القوي}$$

$$\text{ك} = ١٨٠٠ \times ٦٠ \quad \text{بالنسبة للبلوط الضعيف}$$

$$\text{ك} = ١٤٤ \times ٦٠ \quad \text{بالنسبة للتوب الاحمر والابيض القويين وبالنسبة للصنوبر الصمغى}$$

$$\text{ك} = ١٦٠٠ \times ٦٠ \quad \text{بالنسبة للتوب الابيض الضعيف والصنوبر الاصفر}$$

وبالنسبة للباني ذات المدة الطويلة تقتضى تحميل القوائم بحسب مقدار حمل الكسر ح اعنى بالمقدار

ح أما بالنسبة للاشغال العرفية فيمكن تحميل القوائم بحسب الحمل المذكور اعنى بالمقدار ح

وحمل الكسر بالنسبة لوحدة القطاع ب في كل من الحالتين السابقتين يعلم من القانون الآتي

$$\frac{\text{ح}}{\text{ب}} = \text{ك} \times \frac{\text{ح}^2}{\text{ل}^3} \quad \text{ك} = \left(\frac{\text{ح}}{\text{ب}} \right) \times \frac{\text{ل}^3}{\text{ح}^2}$$

بالنسبة للقوائم المستطيلة أو المربعة يجعل $\frac{\text{ل}}{\text{ب}} = \text{م}$ وهي نسبة معلومة غالبا ثم من قانون

$$\frac{\text{ح}}{\text{ب}} = \text{ك} \times \frac{\text{ل}^3}{\text{م}^3} \quad \text{ك} = \left(\frac{\text{ح}}{\text{ب}} \right) \times \frac{\text{م}^3}{\text{ل}^3} = ٧٥ \times \text{ك} \times \frac{\text{م}^3}{\text{ل}^3}$$

بالنسبة للقوائم المستديرة يجعل $\frac{\text{ل}}{\text{ب}} = \text{م}$ وهي نسبة معلومة كذلك

ومن هذين القانونين يمكن حساب مقادير الاحمال التي يمكن تحميلها على الوحدة السطحية مع الأمانة
بالنسبة لحسن كل خشب مع فرض اختلاف طول الأعمدة م = ١٠ الى م = ٥ وجعل ك = $\frac{1}{10}$
أعني ان ك = ٤٥٦ و ٤١٨٠ = ك ٤ ١٩٤ = ك ٤ ١٦٠ بحسب النوع الاختلاف
وذلك بالنسبة للبيتم المربع أعني مع مراعاة معامل الأمن = $\frac{1}{10}$

في حساب الأعمدة التي من الزهر

قد تصنع الأعمدة التي من الزهر اما مصمتة واما مجوفة ومتى تجاوز قطر العمود ١٠٠ سم يكون من
المعتمد على العمود جعله مجوفا ففي هذه الحالة الأخيرة تكون



حالة الزهر جيدة والثقل الكلي يكون قليلا بالنسبة للمتر

الواحد تكون مقاومة الأعمدة المجوفة اعظم من مقاومة الأعمدة المصمتة

وغالبا يكون شكل الأعمدة المجوفة اما دائريا واما صليبيا ففي الشكل الأخير يكون مقدار القطر
و هو مقدار ضلع المربع ا ب و ليس قطر و بناء على تجارب (المعلم هو ديكينيون) قد علم ان حمل
الكسر بالنسبة للأعمدة التي من الزهر وطولها لا يتجاوز خمسة امثال قطرها هو ٦٣ د ٤١ كيلوجرام
بالنسبة للبيتم المربع الواحد

وقد نتج من التجارب الجديدة التي عملها المعلم هو ديكينيون على الأعمدة الطويلة التي يختلف طولها من
٣٠ الى ١٢٠ متر القطر واعتبر فيها ان مقدار حمل الكسر على الوحدة السطحية يساوي ١٧٣٣×١٠^7
وان حمل الكسر يتعين من القانونين الآتيين

$$ح = ١٠٦٧٦ \times \frac{3.6}{1.7} \quad \text{بالنسبة للعمد المصمتة}$$

$$ح = ١٠٦٧٦ \times \frac{3.6 - 2.6}{1.7} \quad \text{بالنسبة للعمد المجوفة}$$

الليذان فيها ح رمز لحمل كسر العمود ، و رمز لقطر العمود المصمت أو للقطر الخارج للعمود المجوف
و رمز للقطر الداخل للعمود المجوف ، و رمز لطول العمود

مع الفرض في وضع القانونين المذكورين أن العمود ذات قواعد مستوية محدثة لنوع من التثبيت
فاذا كانت القواعد المذكورة منحنية فان مقدار حمل الكسر يكون مبينا بالقانون الآتي

$$ح = ٣٣ د ح$$

وحينئذ يجب تعويض المعامل ١٠٦٧٦ بالمقدار $٣٣ \times ١٠٦٧٦ = ٣٥٦٠$

واذا كانت مقاومة الزهر المعلوم للكسر تختلف عن ٣٣×١٠^7 فيلزم أيضا تغيير
المعاملات السابقة لنسبة $\frac{ك}{١٧٣٤}$ الذي فيه م رمز للمقاومة للكسر وفي القانونين

السابقين

(٣٤)

ح تقدر بالكيلوجرام ، ، ، بالسنتيمتر ، ، بالديسيمتر
وتجوز على جميع الوحدات الى المليمتر وادخال معامل المقاومة لكسر بالنسبة للزهر المستعمل فانه
بالنسبة للمعد المعينة يكون

$$ح = ١٠٦٧٦ \times \frac{٢}{٦١٠ \times ٨١٣٣٣} \times \frac{١١٧}{٢٧١(١٠)} \times \frac{٣١٦}{١٧٧} \times \frac{٢}{٦١} \times \frac{٣١٦}{١٧٧} \dots (١)$$

وبالنسبة للمعد المجهولة يكون

$$ح = ٨٢٣٨٥ \times \frac{٢}{٦١} \times \frac{٣١٦}{١٧٧} \times \frac{٢}{٦١} \dots (٢)$$

والقانون المذكور ان لا يمكن تطبيقها بالضبط على المعد التي ارتفاعها لا يصل ر ٣ متر قطرها بل يجب تصليح النتائج التي تؤدى منها وفي
المرحلة الثانية استعمالها كما لو كانا مضبوطين ويحصل منها على مقدار ح ثم بعد ذلك يبحث عن المقدار
بحسب ما يدخل مقدار ح المذكور في القانون

$$ح = \frac{٢ ح}{٢ ح + ٣٧٥} \dots (ب)$$

مع ملاحظة ان معامل المقاومة م الداخلة في الثلاثة قوانين (١) ، (٢) ، (ب) هو بالنسبة
للمتر المربع

وفي العمل لا يلزم تحميل الاعمدة الا بمقدار $\frac{١}{٦}$ أو $\frac{١}{٦}$ حمل الكسر بحيث يعمل الحساب بالبحث عن قطر
العمود الذي يحمل مجل مساو الى اربعة امثال اوسنه امثال الحمل المطلوب حمله وحيث أنه
لا يمكن ان يعرف مقدما المقدار الذي يقول اليه قطر العمود فيجب استعمال القانون (ب) وبيان
ذلك مثل بالمثل الآتي

مثاله - اذا كان المطلوب معرفة قطر عمود صنعت من الزهر يحمل ر ١٠٠٠٠ كيلوجرام بفرض أن
ارتفاعه = ر متر وأن المقاومة لكسر بالنسبة للمتر المربع هي $\frac{٣١٦}{١٧٧} \times \frac{٢}{٦}$

وأريد ان لا يكون محلا الاجتناس حل الكسر فان مقدار الحمل اللازم رادخاله في الحساب يكون
مساويا الى ر ٥٠٠٠٠ أى أن ح = ٥٠٠٠٠ فان معادلة (٢) تقول الى
 $٥٠٠٠٠ = ٨٢٣٨٥ \times \frac{٢}{٦١} \times \frac{٣١٦}{١٧٧}$ ولكن $(٢٠٠٠) = ٤٠٩٠٤٥$

وحينئذ يكون

$$\frac{٣١٦}{١٧٧} \times \frac{٢}{٦} \times ٤٠٩٠٤٥ = ٨٢٣٨٥ \times \frac{٢}{٦١} \times \frac{٣١٦}{١٧٧} \times ٣٤٩١٥٣٨٠ = ٣٤٩١٥٣٨٠ \text{ ومنها يحدث}$$

$$١٢٢٠٥ = ٥ \text{ مليمتر}$$

وحيث ان القطاع المقابل للقطر المذكور هو ١١٧٨٠ مليمتر مربع فمقدار حمل الكسر بالنسبة
للمليمتر المربع يساوى

$$\frac{٥٠٠٠٠}{١١٧٨٠} = ٤٢٠٥$$

وان الحمل الحقيقى يقابل الى $\frac{١٠٠٠٠}{١١٧٨٠} = ٨٥٠$

ولكن

(٣٣)

ولكن بالنسبة لمقدار القطر المذكور يرى ان ارتفاع العمود اقل من ٣٠ متر القطر بحيث أنه اذا استعمل القانون (ب) يرى ان حمل المكسر لا يكون بل يساوى

$$66000 \text{ كيلوجراما} = \frac{0.000000}{0.07065} = \frac{0.000000}{0.0704 + \frac{0.000000}{0.070000}}$$

فيكون حينئذ مقدار القطر كبيراً عن المطلوب وحينئذ لتعيين القطر المضبوط يستخرج مقدار ح من القانون (ب) بأن يفرض فيه

$$\begin{aligned} \text{ح} &= 0.000000 \text{ وحينئذ يكون} \\ \text{ح} \times \text{ح} + \text{ح} \times \frac{3}{4} \text{ م} &= \text{ح} \times \text{ح} \text{ م وسنأخذ} \\ \text{ح} &= \frac{\frac{3}{4} \text{ ح} \text{ م}}{\text{ح} - 1} = \frac{\frac{3}{4} \text{ ح} \text{ م}}{\frac{3}{4} - 1} \text{ ويكون} \end{aligned}$$

$$\text{ح} = \frac{0.000000 \times \frac{3}{4}}{\frac{3}{4} - 1} = \frac{0.000000}{\frac{3}{4} - 1}$$

وبوضع مقدار ح الأخير في معادلة (١) يكون مقدار القطر الموافق هو $\text{ح} = 110$ ملليمتر ولتعيين الضغط الواقع على وحدة القطاع يقال انه من قانون

$$\text{ح} = 84980 \times \frac{1}{110} \times \frac{3}{4} \text{ السابق يحدث}$$

$$\frac{\text{ح}}{\text{ب}} = \frac{\text{ح}}{\frac{3}{4}} = \frac{84980}{\frac{3}{4}} \times \frac{1}{110} \times \frac{3}{4}$$

فاذا جعل $\frac{\text{ح}}{\text{ب}} = \frac{11}{110}$ وهي عبارة عن مقاومة العنود بالنسبة للقيمة المربع من القطاع وحسب مقدار $\frac{84980}{\frac{3}{4}} = 100$ يحدث

$$\text{م} = \frac{11}{110} \times 100 = \frac{11}{110}$$

وهذا القانون يكون صحيحاً اذا كان $\text{ح} < 30$ وفيه $\text{ح} = 110$ مقداراً بالملليمترات وبهذه الكيفية يمكن ان يتحقق قبل كل حساب من تحويل المقاومة الذي ينتج من النسبة المختبة بين الطول والقطر وان ترسم منحنيات مقادير م بالنسبة للمقادير المختلفة لأطوال الأنظمة والمقادير المختلفة لأقطارها

والإعمدة التي لها قواعد رتيجان مثبتة بـ ٥ مطات تزيد مقاومتها بقدر الثلث عن الحالة التي تكون فيها العمود ذات قواعد مستوية لكنها غير مرتبطة بالاجسام المجاورة لها بحيث اذا كانت مقاومتها مساوية للواحد تصير ٣٣ را بعد ادخال القواعد والرتيجان للأعمدة

وقد شوهد انه اذا كان طرفا العمود منحنيين فالمقاومة تصير الثلث وحيث ان النسبة $\frac{33}{110} = 2$

م . ه . مقاومة مواد

فيخرج من ذلك ان مقاومة العمود المثبت تكون اربعة امثال ^{مقاومة} العمود الذي يكون طرفاه متحررين
شم ان الاستفاخ المعاري للعمود بالقرب من وسط ارتفاعها يزيد المقاومة من السبع الى الثمن
وبناء على القانون (أ) السابق وهو

$$ح = \frac{8285 \times \frac{3}{11}}{\frac{1.7}{1.7}} \times \frac{1.7}{1.7}$$

يرى ان مقاومة العمود المجوف عبارة عن الفرق بين مقاومتي عمودين مصمتين قطرها ٤٤ و
على التناظر وارتفاعها المشترك ل

والاسماك التي مقدارها اصغرها يمكن الممكن اعطاؤها للعمود المجوف تعلم من الجدول الآتي

ارتفاعات ٤ م الى ٣ م الى ٢ م الى ١ م الى ٨ م

اسماك ١.٤ م ١.٥ م ١.٥ م ١.٥ م ١.٥ م

وتد وضع المعلم لوف القانون الآتي الذي حقق نتائج المعلم هو دكنيون وهو

$$\frac{ح}{ج} = \frac{3}{1.45 + 0.37 \times (ج)}$$

الذي فيه ج منسوبة لعين وحدات السطح المستوية له م وتد على نوع المقاومة عينها
بمعنى انها تد على المقاومة للكسر أو المقاومة للا من الخ م م م مقدار ان بوحدة من
حين الوحدة السابقة

وهذا القانون يطبق على جميع عدد الزهر التي طولها يختلف من اربعة الى ١٢٠ مرة القطر
ومتى كان الارتفاع متغيرا من ٥ الى ٣٠ مرة القطر فان المعلم لوف وضع القانون
البسيط الآتي

$$\frac{ح}{ج} = \frac{3}{1.45 + 0.37 \times (ج)}$$

نفرض ان م = ١٥٠ كيلوجرام على الملبية المربع بمعنى انه سدس حمل الكسر وهو ٧٥ كيلوجرام
رسمنا فيمكن عمل جدول مشتمل على مقادير ج بالنسبة لمقادير ج

نقدر أيضا ان مقاومة الزهر للضغط اكبر من مقاومته للشد بالنسبة للنوع الواحد من الزهر والنسبة
بين هاتين المقاومتين تختلف قليلا الا انها على العموم قريبة جدا من ٦٥ الى ٧٠

وعلى فرض ان النهاية العظمى لمقاومة الزهر هي ٧٠٠٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع وتشيله
لسدس تلك المقاومة اعني ١٢٠٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع فان المعلم لوف وضع
القانون الآتي بالنسبة للحمل الذي يحمله العمود بكل آمن

$$ح = \frac{1200 \times ب}{1.45 + 0.37 \times (ج)}$$

الذي فيه

الذي فيه ح رمز الحمل الذي يحمله العمود مع الأمن ، $C = \frac{P}{4}$ مع ملاحظة أن القانون المذكور يطبق على الحالة التي فيها ارتفاع العمود يختلف من ٤ الى ١٤٠ مرة القطر وهو بالنسبة للعمود المصمت وأما بالنسبة للعمود المجوف فيستعمل القانون الآتي مع ملاحظة أن $C = \frac{P}{4}$ وهو

$$C = \frac{1400 \times C}{1400 + 337 \times \left(\frac{L}{D}\right)^2} - \frac{1400 \times C}{1400 + 337 \times \left(\frac{L}{D}\right)^2} \dots \dots (هـ)$$

وفي كل من قانوني (هـ)، (و) مقادير الارتفاع ل والاقطار (د)، (د) مقدرة بالنتيجه وأما ح فهو الحمل الذي يحمله العمود بكل أمن ويقدر بالكيلوجرام

وإذا فرض في قانون (هـ) أن $C = ١$ وأعطى للنسبة $\frac{L}{D}$ المقادير من $\frac{L}{D} = ١٤٠$ إلى $\frac{L}{D} = ٤$ فإنه يمكن بسهولة حساب حمل الأمن الواقع على النتيجه المربع من قطاع العمود المصمت وقد نتج من تجارب المعلم هود كينيون ما يأتي

أولاً ان المقاومة للكسر لحامل تؤول الى الثلث على الأقل متى كان الحمل الواقع على الحامل المذكور متجهاً في اتجاه القطر وليس في اتجاه المحور

ثانياً ان مقاومة الحوامل الطويلة تكون أكبر بثلاث مرات متى كانت اطراف الحوامل مستوية وعمودية على المحور وعلى اتجاه الحمل مما اذا كانت اطرافها منحنية

ثالثاً ان الحامل الطويل ذا القطاع المنتظم الذي طرفاه مثبتان جيداً في أقراص قواعد أو مثبتان بطريقة أخرى تكون مقاومته عين مقاومة الحامل الذي طرفاه منحنيان المتحد معه في القطاع العرضي وارتفاعه نصف ارتفاع الحامل المفروض

رابعاً ان انتفاخ الاعمدة بخروسط ارتفاعها لا يكبر مقاومتها الا من الثمن الى السبع من $\frac{1}{4}$ الى $\frac{1}{2}$ في حساب الاعمدة والحوامل التي من الحديد

الضغط على الحديد يحدث تغيراً في الشكل مناسباً للحمل لغاية ١٨ كيلوجرام في النهاية المظلمة ومقدار معامل المرونة يساوي ١٦٢٩٥٠٠٠٠٠ وهذا المقدار يختلف قليلاً عن مقدار معامل المرونة في حالة الشد وهو ضعف معامل مرونة الحديد الزهر وحينئذ بالنسبة للحمل الواحد فأنت الحديد يتغير شكله اقل من الزهر

والمعلم لوف قد وضع القانون الآتي وهو

$$\frac{C}{D} = \frac{3}{1400 + 337 \times \left(\frac{L}{D}\right)^2} \dots \dots (١)$$

وهذا القانون منطبق على الحالة التي فيها $\frac{L}{D}$ محصور بين ١٤٠ الى ٤ ثم وضع القانون الآتي أيضاً بالنسبة للحالة التي فيها $\frac{L}{D}$ محصور بين ٣٠ الى ٤ وهو

$$\frac{C}{D} = \frac{3}{1400 + 337 \times \left(\frac{L}{D}\right)^2} \dots \dots (ب)$$

ويمكن عمل جدول لمقادير $\frac{C}{H}$ بعد معلومية مقادير $\frac{L}{H}$ مع اعطاء مقدار معين للكتبة m ثم ان القافزين السابقين يستعملون بالنسبة للعمود التي من الحديد في اجزاء القناطر المعرضة للفتت بحيث لا يمكنها تنثنى بسبب التراكيب والاضغطاسات المستعملة في انشائها ويمكن حينئذ تخيلها بمقدار ٨ الى ١٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع مع غاية الأمان وفرض ان المقاومة الأعظم ما يمكن للحديد هي ٣٦٠٠٠ كيلوجرام على السنتيمتر المربع وصار تشغيله لسدس المقاومة للكسر اعني بمقدار ٦٠٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع فقانون (١) يقول الى

$$C = \frac{3600}{1000 + 1000 \left(\frac{L}{H} \right)} \dots \dots \dots (١)$$

الذي فيه C وزن الحمل الذي يحمله العمود مع الأرض مقدرا بالكيلوجرام وأما L فيقدر ان بالسنتيمتر

في حساب الخزازيق.

الخزازيق الخشبية المستعملة في التأسيس المسوكة من جميع الجهات بالأرض المغروسة فيها تحمل بأمن عظيم ٣٠ × ٦٠ كيلوجرام على المتر المربع وهذا هو المقدار التي تحل به عادة ويتقضى ان تكون الخزازيق من خشب البلوط أي القرو حيث ان هذا الخشب يحفظ جيدا في الماء وفي الأرض الرطبة

في مقاومة الأحجار للضغط.

قد علم بالتجربة ان مقاومة الأحجار تقل كلما زاد الارتفاع وقد أجرى رونلدي تجربة على عمود من حجر مكون من ثلاثة مدايك مكعبة الشكل وعلم من مناقشة النتائج ان المقاومة للفتت تنقص كلما زاد عدد المدايك ولا تتعلق بالارتفاع اذا كان العمود مركبا من ثلاثة مدايك وعند هذه النهاية نصير المقاومة للكسر او الفتت نصف مقاومة المدايك الواحد ومع هذا فان هذه النتيجة لا يمكن استعمالها الا بالنسبة للارتفاعات القليلة لان الدفع الافقي الذي يمكن حصوله في الابنية قد يؤثر على صلابتها الانشاء اكثر من الأحوال التي تميل لاحداث الكسر بالضغط وقد ظهر من التجارب العديدة النتائج الآتية

اولا ان الاوصاف الطبيعية للأحجار كالاندماج واللون والكثافة ليست كافية لمعرفة المقاومة للفتت بالضغط

ثانيا في أي حجر تكون الأحجار التي تحصل من الجزء الأعلى والجزء الأسفل أقل مقاومة من التي استخراج من الجزء المتوسط

ثالثا بالنسبة للنوع الواحد من الحجر تكون المقاومة أكبر كلما كان شكل القطعة الى المكعب أقرب رابعا

رابعاً ان مقاومة الحوامل الحجرية تتناقص كلما كانت مكونة من اجزاء أكثر عدداً
 خامساً لا تحمل الابنية المصنوعة من احجار الخت الاجزاء من عشرين من عمل الكسر والتي من الدبش لا تحمل
 الاجزاء من عشرين وهناك جدولا يحتوى على اعمال الكسر بالنسبة للضغط وعلى ثقل المتر المكعب
 من انواع الاحجار والطوب والمونة والبنا

انواع المواد	ثقل المتر المكعب	ملاحظات
جرايت ازرق برطاني	٢٧٤٠	هذا النوع من الاحجار هو من انواع الاحجار الطافية
» » من جبال فرسيج	٢٦٤٠	
جرايت نورماندى (فلاو ما نقييل)	٢٧١٠	
جرايت نورماندى	٢٦٦٠	
حجر بركافى صلب (من قيزوف)	٢٦٠٠	
حجر بركافى طرى	١٩٧٠	
بورفير	٢٨٧٠	
رخام اسود	٢٧٢٠	هذا النوع من الاحجار هو من المصنوعات الحجرية
رخام آخر	٢٦٠٠	
حجر بانيو	٢٧٧٠	
حجر طرى	٢٠٨٠	
حجر سبانكور { من الدرجة الاولى » » الثانية » » الثالثة	٢٤١٠	
	٢٢٥٠	
	٢١٠٠	
حجر رملى	١٨٨٠	
حجر جيرى من مصر عتيقه (القاهرة)	٢٦٠٠	
حجر جيرى من طر	٢٤٠٠	
حجر طرى من قرطبيه	١٨٢٠	
حجر آخر	١٥٠٠	
حجر جيرى اصفر من جومون	٢٢٠٠	
حجر آخر	٢٠٠٠	
حجر جيرى طرى	١٧٠٠	
حجر آخر	١٥٦٠	
	٢٠	

انواع المواد	ملاحظات	من الى	من الى
اجار جريس اجار الطواحيات	نوع الاجار البليبيه اى الرميده	٢١٠٠ الى ٢٥٧٠	٣٠٠ الى ٨٠٠
طوب محروق جيد من بورجونيا " " " من سرقيل طوب محروق من موترو طوب محروق من باريس طوب محروق		٢٢٠٠ الى ١٥٢٠	١٥٠ الى ٧٠
مبييض معجون بالماء يشك بعد ٣٠ ساعه مبييض معجون بلبن الجير أو ماء الجير مونة مكونه من الجير الدسم والزل مونة مكونه من الجير والسمنت المحصل من الطين المحروق مونة مكونه من الجير الايدر وكبي والزل " " " الايدر وكبي جدا والزل مونة مكونه من السمنت الرومانى من قاس والزل مونة معتاده	هذا النوع هو المعنى	١٥٧٠ الى ١٦٠٠	٥٢ الى ٧٣
نوع المواد	ملاحظات	من الى	من الى
بنا بجير الآله بنا بالديشن بنا بالخرسانه بمونة معتاده بنا بالخرسانه والمونة اسمنت بنا بالطوب بمونة معتاده بنا بالطوب والمونة اسمنت	ارتفاع البنا	٢٧٠٠ الى ٢٤٠٠	٤٠ الى ٣٠
		٢٤٠٠ الى ٢٣٠٠	١٤ الى ٥
		٢٤٠٠ الى ٢٣٠٠	١٤ الى ١٠
		١٨٠٠ الى ١٧٠٠	٦ الى ١٠

الحمل المستعمل عادة للواد الداخلة في البناء لا يجب ان يتجاوز عشر في حمل الكسر ولا يجب ان يصل الى السدس في الا في المباني الخفيفة جدا التي لا ينتظر مكثها كثيرا وأما في البناء بالدبش الذي فيه نسبة المعونة كبيرة جدا وابعاد الدبش قليلة لا يجب ان يتجاوز حمل المستعمل (اي حمل الامن) النهايات المحصورة بين $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{3}$ من حمل الكسر وأما حمل الامن بالنسبة لبناء بالطوب فهو في أي عشر حمل الكسر وذلك بسبب استقام شكل الطوب الذي ينشأ عنه توزيع جيد للضغط في مقاومة الاراضي

الاراضي التي كانت مزرعة والتي كانت منقولة ليست على العموم صلبة ولا مندمجة بالكفاية حتى يمكن البناء عليها مباشرة بل يقتضى رفعها حتى توجد طبقات مندمجة جدا بسبب عمقها أو بسبب مقاومتها فتكون جيدة فهذه الطبقات تسمى بأرض جيدة

وهي لم توجد الا في الجيدة على عمق قليل من سطح الأرض فتستعمل طرق التأسيس المدونة في الكتب الخاصة بالمباني وبالقناطر والجسور والأرض الجيدة التي يمكن البناء عليها تنحصر في ثلاثة أنواع الأول - الاراضي الصخرية والاراضي الحجرية الجافة والاراضي التي بها مصاطب حجرية يمكن البناء عليها مباشرة ولا يخشى من قلة المقاومة حيث ان مقاومتها تكون دائما اكبر من مقاومة المحيطان والاكثاف التي تبني عليها وذلك بسبب اتساع قطاعها الافقي اتساعا عظيما الثاني - الاراضي الزلطية والرملية وهذا النوع من الاراضي كثير المقاومة ما لم يكن حصل فيه حركة مائية احدثت تقليل مقاومتها ويمكن تحميلة مع الامن لغاية اربعة كيلوجرام على السنتيمتر المربع في النهاية العظمى

الثالث الاراضي البكر أو الطينة الطبيعية التي لم يحصل تحريكها قط ولا تحتوي على جذور النباتات - هذا النوع من الاراضي ان كان خاليا من الرطوبة والينابيع يكون ذات صلابة كافية لأن يؤسس عليه بيوت للسكن وورش للصناعة ويمكن تحميلة مع الامن بمقدار ٢٠٠٠ كيلوجرام على السنتيمتر المربع في النهاية العظمى

في مقاومة القزانات ومواسير التوصيل

قزانات البخار - القزانات ذوات النيران الخارجة التي تسمى بالقزانات الفرنسية تتركب من اسطوانات تنتهي بقطع كروية ويوجد في هذا النوع من القزانات ثلاث مقاومات يجب اعتبارها

اولا - المقاومة في اتجاه الراسم

ثانيا - المقاومة في اتجاه قطاع عرضي

ثالثا - المقاومة في القاع

الحالة الاولى - يجب سلك القزات بالقانون الآتي مقدرا بالملي مترات

$$س = ٨ ر + (١ - ٥) ٣ +$$

الذى أصله

$$س = \frac{١٩ \times ١٠٠}{٢٢} = \frac{١٩٤٣}{٢٢} \times \frac{٤}{٢} (١-٢) \text{ قبل ان يضاف اليه ٣ مليمترات}$$

وفيه س رمز لسلك القزان ، و رمز لقطر الداخل مقدرا بالمتر ، و رمز لعدد الجوات
وأما اذا كان القزان من الصلب فإن سمكه يكون نصف سمك القزان الحديد المستخرج من القانون
السابق

وإذا كان القزان من الحديد لكن غير معرض لحرارة النار مباشرة كقزان اللوكوموتيف مثلا فيكون
سمكه $\frac{٢}{٣}$ سمك الناتج من القانون المذكور أيضا (١-٣) $١٨٠ = ١٨٠$ كيلوجرام في القانون السابق
على المليمتر المربع

الحالة الثانية - بالنسبة لهذه الحالة يحسب السلك س من القانون

$$س = ١٩ \times \frac{٢}{٢٢}$$

الذى فيه س رمز لنصف قطر القطاع العرضي من الداخل ، و رمز للضغط على السنتيمتر المربع
مقدرا بالكيلوجرام ، و رمز لمعامل المقاومة

والسلك الذى يحسب بهذا القانون هو نصف السلك المحسوب في الحالة الأولى ويجب عند
النشاء القزانات ان يكون اتجاه تصفيح الصاج موازيا لرواسم الاسطوانة حيث ان الصاج يقاوم
في هذا الاتجاه زيادة عن المقاومة التى يقاومها في الاتجاه العمودى للتصفيح
الحالة الثالثة - يحسب السلك في هذه الحالة بالقانون

$$س = ١٩ \times \frac{٢}{٢٢}$$

الذى فيه س رمز لسلك القزان في جهة القاع ، و رمز لنصف قطر انحناء القاع وأما
١٨٠ فما كما في القانون السابق

وعادة يصنع القاع من صاج من جنس صاج جسم القزان وحينئذ يكون س = س و بناء على
ذلك يكون

$$١٩ \times \frac{٢}{٢٢} = \frac{١٩ \times ١٠٠}{٢٢} \text{ ومنها ينتج أن}$$

$$١٩ = ١٩$$

ويرى من ذلك ان ١٩ يكون ثابتا وعليه فيكون القاع كرويا ، و يساوى قطر القزان
حتى أريد جعل مقاومة القاع مثل مقاومة جسم القزان
في مقاومة الأضراس

الأضراس تصنع عادة من الصاج أو من الخشب أو من الزنك وشكلها يكون على الدوام اسطوانيا
حيث أنه هو الشكل الذى يقاوم اعظم ما يمكن وأما القاع فإنه يكون كرويا حيث أن
الشكل الكروى هو اعظم شكل يمكن اعطاؤه للقاع ومع ذلك قد يصنع في كثير من الأحوال

قاع

قاع الأحواض مستويا وفي هذه الحالة يجب حمل القاع المذكور على حامل
وعيث أن الواح الصاج عرضها يختلف من رامتر الى رامتر تقريبا فيلزم حساب سمك الحلقة المتتالية
كافي القزانات بالقانون

$$س = سم \times \frac{ص}{ح} \text{ وهنا } ص = ١٠٠٠ هـ$$

نفرض أن الحوض معد للمياه ثم يضم على هذا القانون مقدار ثابت فيؤول الى

$$س = \frac{١٠٠٠ هـ}{٢٠٠٠ م} + ٠٠٠٠ م$$

وه رمز لعمق الماء في الحوض مقدرا بالابتداء من القاع وسمك القاع المستوى هو عين سمك الصاج السفلى
وبالمثل يكون سمك القاع المخني عين سمك الصاج السفلى متى كان نصف قطرها من القاع وهو
سم = سم أو كان سم > سم

وفي القانون السابق وهو

$$س = سم \times \frac{ص}{ح}$$

ص، منسوبان لوحدة واحدة اس تقدر بجنس الوحدة المقدر بها سم

وعندما يكون قاع الحوض مستويا يجب وضعه على تلويحة من الخشب ظاهرة للعيان حتى تيسر المسمرة

وأما القاع المخني فلا يلزم له شيء وإذا كان نصف قطرها من سم = سم

فسمكه يكون مساويا لسمك الصاج الاسفل كما ذكر وأما إذا كان سم يختلف عن سم فالأصوب حساب
سمكه من القانون

$$س = سم \times \frac{١٠٠٠ هـ}{٢٠٠٠ م} + ٠٠٠٠ م$$

في مقاومة مواسير توصيل المياه والخار

حيث أن شروط مقاومة مواسير التوصيل عين شروط مقاومة القزانات فيمكن حساب سمكها بقانون مشابه
لحساب سمك القزانات وهو

$$س = ١ + \frac{٥}{٢} \times \frac{٢ \times ١٠٣٣٠}{\sqrt{}}$$

وقد استعمل في هذا القانون ٢ بدلا عن (١-٢) لاجل زيادة السمك حيث أن هنا قطر المواسير صغير عن
قطر القزانات

ويمكن وضع القانون السابق على الصورة الآتية

$$س = ١ + ٢ \times ٥ \times ك$$

محمل

$$ك = \frac{١٠٣٣٠}{٥١٦٥}$$

وهناك جد ولا يشتمل على متغيرات ك، م، ١، ٢ بالنسبة لنوع المواد المختلفة التي تتركب منها مواسير
التوصيل

أنواع المواد	س	مليمت	ك
زهر مصبوب افقى	٦.٠ x ٩.٥	١٠	٢٠٠٤٠٠
زهر مصبوب رأسى	٦.٠ x ٣.٢٥	٨	٢٠٠١٦٠
حديد	٦.٠ x ٦.٠٠	٣	٢٠٠٠٨٦
نحاس احمر	٦.٠ x ٣.٢٥	٢	٢٠٠١٤٧
رصاص	٦.٠ x ٠.٩٠	٣	٢٠١٤٩٤
خارصين (زنك)	٦.٠ x ٢.٨٣	٤	٢٠٠٦٤٠
خشب (قرو أو غرجاج)	٦.٠ x ٢.١٦	٢٧	٢٠٣٤٣٠
احجار طبيعية	٦.٠ x ١.٤٠	٣٠	٢٠٠٣٦٣
احجار صناعية أو خراسان مندرجة	٦.٠ x ٠.٩٠	٤٠	٢٠٠٥٣٨

ومقاديرك في هذا الجدول على فرض ان س مقدرة بالمليمت في القانون

$$س = ٤٥ + ١$$

وحينئذ بالنسبة لمواسير الزهر المعتبر فيها الضغط على عشرة جوات (١٠ جوات) أى ان $س = ١٠$ فاذا كانت تلك المواسير مصبوبة افقيا يكون

$$س = ١٠ + ٠.٩ \times ٥ \text{ فاذا كان } س = ٥ \text{ مليمت يكون}$$

$$س = ١٤ \text{ مليمت}$$

واذا كانت مواسير الزهر مصبوبة رأسيًا يكون

$$س = ٨ + ٠.١٦ \times ٥ \text{ فاذا كانت } س = ٥ \text{ مليمت يكون}$$

$$س = ٤.٩٤ \text{ مليمت}$$

وقد تفتح مواسير توصيل المياه أيضا من الصاج المدهون بمادة اسفلتية والقانون المستعمل لحسابه سلك تلك المواسير هو

$$س = ٤٥ + ٥ \times ٦$$

ويمكن ان يستعمل بالنسبة للمواسير ذات الاقطار الكبيرة التركيب المستعمل للقنوات البخارية ومواسير توصيل البخار تفتح عادة من الحديد الزهر أو من الحديد أو من النحاس فاما مواسير الزهر فتجب كافي مواسير الزهر المستعملة للمياه واما مواسير الحديد حيث انها تتجمع مع بعضها اما بالتقارب من بعضها واما بالتفطية فالنوع الاول يكون سميكا ويجب بالقانون $س = ٤٥ + ١$ السابق يجعل $س = ٤٦$

١ = ٢٠ ميليمتر تقريبا

وقد يمكن حساب سلك هذا النوع من المواسير الحديد بالقانون التجريبي

$$س = ٢٠.٣٥ \sqrt{\text{ميليمتر}}$$

وأما مواسير الحديد المتجمعة بالتنظية فهي رقيقة وتحتب بالقانون

$$س = ١.٢٥ \sqrt{\text{ميليمتر}}$$

بأن يعطى الى ١ مقدار ٢٠ ميليمتر على الأصح وأما المواسير التي من النحاس الأحمر تصنع ملحومة أو غير ملحومة فتق كانت غير ملحومة يمكن أن يجعل في آن واحد

$$س = ٢٠ \sqrt{\frac{\text{لجمم}}{١٠}} = ١٢.٦٠ \sqrt{\text{ميليمتر}}$$

وذلك بسبب كثرة انتظام مقاومتها وجودة نحاسها

وأما المواسير الحديد والنحاس والنحاس الأصفر الداخلة في تركيب الخزانات ذات المواسير كقزاز اللوكوموتيف مثلا فلا يلزم لها حساب بل إنها تصنع رقيقة ما أمكن فمواسير اللوكوموتيف التي قطرها ٢٠ ميليمتر سمكها ٥ ميليمتر مع كونها تكون متأثرة بضغط قدر ٢٠ أجو أو بضغط ٢٠ جو عند تجربة القزاز

ومعامل مقاومة المعدن بالنسبة للتجربة هو $س = ٢٠ \sqrt{\frac{\text{لجمم}}{١٠}}$ وهو مستخرج من قانون

$$س = ٢٠ \sqrt{\frac{\text{لجمم}}{١٠}} \text{ أو } س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٥}{٢٠}} = ٢٠ \sqrt{٢.٢٥} = ٢٠ \times ١.٥٠ = ٣٠$$

وبالنسبة لتشغيل القزاز يكون

$$س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٥}{٢٠}} = ٢٠ \sqrt{٢.٢٥} = ٣٠$$

وأما بالنسبة للمواسير الصلب التي سمكها ليس الا ١٠ ميليمتر يكون معامل مقاومتها

$$س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٦.٥}{١٠}} = ٢٠ \sqrt{٤.٦٥} = ٤٠$$

وانما لأن لا يوجد تجارب كافية للتحقق من عدم ظهور عيوب لهذه المقاومة

وأما مواسير توصيل الغاز لا تحتب بالنسبة للمقاومة التي يلزم أن تقاومها حيث أن المقاومة المذكورة ضعيفة جدا في مقاومة أسطوانات الآلات البخارية

هذه الأسطوانات تصنع من الزهر الصلب والمندمج ويلزم أن تكون سميكة نوعا ليس فقط من أجل مقاومة ضغط البخار بل أيضا من أجل مقاومتها وعدم حصول لها أدنى تغيير في شكلها من العدد أو الجنازير التي تستعمل لتثبيتها على آلة المشقاب بخلافه وقد يتوصل الى إبعاد موافقة بالنسبة لهذه الأحوال يجعل في القانون

$$س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٦.٥}{١٠}} = ٢٠ \sqrt{٤.٦٥} = ٤٠ \text{ أن } س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٦.٥}{١٠}} = ٤٠ \text{ ميليمتر}$$

وأما بالنسبة للأسطوانات الخفية يمكن أن يجعل $س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٦.٥}{١٠}}$ لجمم

وحينئذ فالقانون يقول الى

$$س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٦.٥}{١٠}} = ٢٠ \sqrt{٤.٦٥} = ٤٠ \text{ ميليمتر أو } س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٦.٥}{١٠}} = ٢٠ \sqrt{٤.٦٥} = ٤٠$$

$$س = ٢٠ \sqrt{\frac{٤٦.٥}{١٠}} = ٢٠ \sqrt{٤.٦٥} = ٤٠$$

وحينئذ فسلك اسطوانة البخار التي قطرها ٥٠٠ ميليمتر وضغط البخار فيها ٦ جو يكون
 $s = ٠.١٤ (١٠٠٠ + ٢٥٠ \times ٦) = ٠.١٤ (١٠٠٠ + ١٥٠٠) = ٤٠$ أو

$$s = ٠.١٤ \times ٢٥٠ = ٣٥ \text{ ميليمتر}$$

في مقاومته جسم المضغط الأيدروليكي

أجسام المضاعط الأيدروليكية تصنع عادة من الزهر لاجل أن يحصل بالسهولة على الأشكال اللازم إعطاؤها لها
 ومع ذلك فمن الممكن جعلها الآن من الحديد المطروق الذي به يمكن الوصول إلى ضغوط كبيرة جدا
 والوصول على زيادة في الأمانة عن الزهر حيث أن الزهر في الغالب يكون فيه بعض مسامات ينتقل منها الضغط
 إلى داخل جدران المضغط ويحدث كسر

وسلك اسطوانة المضغط الأيدروليكي تحسب أيضا بالقانون

$$s = ٣٥ \times \frac{٢٥}{١٠٠} + ١.٠ \text{ ميليمتر}$$

وقد نتج من التجربة أنه متى كان الزهر جيدا يمكن أن يجعل $s = ٦$ مع الأمن وقد يستصوب عدد جعل قطع
 الزهر سميكة كثيرا حيث أن السطح في القطع السميكة من الزهر يقبل قبل الوسط ويكون هذا الجزء عديم المقاومة
 والمضاعط الأيدروليكية التي استعملت في رفع قفلة بريطانية (على بوزغاز مودي في سلك حديد شبيبي في
 هولندا) المشيدة في عام ١٨٦٩ هي أكبر جميع المضاعط الأيدروليكية التي عملت ولتذكر أبعادها هنا فنقول

قطر الكبس المطاوع	٥١ ر.متر
قطر جسم الاسطوانة	٩٦ ر.متر
سلك جسم الاسطوانة	١٥٣ ر.متر
الضغط المستعمل بالنسبة للسنتيمتر المربع	٥٧.٠ ك.جرام
الضغط الكلي على الكبس	١١٦١٥٠٠ ك.جرام
المقاومة بالنسبة للبيلى متر المربع	٣٧٣ ك.جرام

ومقادير الاقطار الداخلة للمضاعط الأيدروليكية الكثيرة الاستعمال لا تتجاوز كثيرا ٣٠٠ ر.متر
 ويجرى فيها تغيير ضغط الماء بحسب الحمل المستعمل وسلك الكبس المطاوع المستعمل لجسم المضغط الذي يقاوم
 للضغط بحسب أيضا بالقانون عينه وإنما يجعل فيه

$$s = ١٤ \text{ إلى } ١٥ \text{ كيلوجرام}$$

والقاع يلزم أن يكون قوسا من دائرة نصف قطرها $s = ٢$ سم وأما الأشكال الأخرى خلافاً لقوس الدائرة
 فهي غير مناسبة لعدم وجودتها للمقاومة

في القص (أو الكسر العرضي)

من الصعب أن يعين بالتجربة المقاومة لقص أو الكسر العرضي وإنما يكفي لذلك أن يثبت مساق قطاعه معين تثبيتاً
 قوياً ويثبت عن كسر بقوة عرضية واقعة قريباً جداً مما يمكن من نقطة التثبيت فالكسر يحصل حينئذ في قطاع عرضي
 وينقسم

وبقسمة القوة المذكورة على سطح القطاع يحصل على مقاومة الكسر بالنسبة للوحدة السطحية فإذا كانت
الجسم المكسور ذا الياض فيشاهد أن جميع الياض انقطعت عرضيا

وقد علم أن حمل الكسر يكون مناسبا للقطاع في المعادن التي هي أهم المواد بالنظر للعمل وقد ظهر من التجربة أيضا
أن المقاومة للكسر بالقص تناسب في الظاهر للمقاومة للكسر بالشد وإن الأولى هي في الثانية وعلى ذلك
فيصح عادة بتساوي المقاومتين المذكورتين واتخاذ معامل الأمن عينه للمستعمل للشد وهو في الحمل الأعظم ما يمكن
المستعمل للشد كذلك في الحسابات وهذا هو الجاري اتباعه على الخصوص في البرشمة والجاويطات
وعلى العموم تقريبا تأثير القص أقل بكثير من تأثير الشد والضغط الواقعين على قطعة واحدة في آن واحد
وحينئذ إذا كانت القطعة المذكورة كافية لمقاومتها في الأولى تكون كافية لمقاومة القص ومع ذلك فالأصوب
عدم قطع النظر عن تأثير القص الذي يمكن أن يكون كبيرا جدا على الأنحس في الأشكال المتساوية المقاومة ويلزم
على الدوام حينئذ التحقق مما إذا كانت شروط المقاومة لتأثير القص أو القوة القاطعة محققة أم لا

في المقاومة للانزلاق العرضي والطولي في الأجسام الليفيّة

في جميع الأجسام الجبسية أو البلورية المتجانسة في جميع اتجاهاتها يعني أن تعتبر فيها المقاومة العرضية للقص
وأما الأجسام الليفيّة فيلزم أن يعتبر فيها خلاف المقاومة للشد والضغط
أولا المقاومة للقص التي تدخل عند ما يحصل الميل لقطع الالياض عرضيا وثانيا المقاومة للانزلاق العرضي
للخيوط بعضها فوق بعض وثالثا المقاومة للانزلاق الطولي للخيوط المذكورة بعضها فوق بعض
فالانزلاق العرضي للخيوط يحصل على الخصوص في الالتواء وأما الانزلاق الطولي فهو قليل الحصول ومع
ذلك ليس له أهمية ومتى اقتضى الحال لاعتبار في المعادن يفرض أن المقاومة للانزلاق الطولي مساوية
للمقاومة للانزلاق العرضي

في عزم القصور الذاتي للأجسام

اعلم أنه إذا دار جسم حول محور ثابت فإن حاصل ضرب جسم أحد عناصره في مربع بعد العنصر المذكور عن
محور الدوران يسمى بعزم قصور ذلك العنصر بالنسبة لمحور المذكور
وأما عزم قصور الجسم بتمامه بالنسبة للمحور السابق فإنه يساوي مجموع عزم قصور عناصره بالنسبة له أيضا
اعني أنه إذا دار جسم أحد عناصر الجسم بالرمز m ولبعد عن محور الدوران بالرمز r ولعزم قصوره بالنسبة
للمحور المذكور بالرمز I يكون

$$I = m r^2 \quad \text{وبالنسبة لعنصر آخر يكون}$$

$$I' = m' r'^2 \quad \dots \text{وهكذا}$$

وحينئذ إذا دار عزم قصور الجسم بتمامه بالرمز I يكون

$$I = m r^2 + m' r'^2 + \dots \quad (1)$$

نصف قطر القصور - اعلم أن نصف قطر قصور جسم دائري حول محور هو البعد عن محور الدوران المذكور الذي

إذا تصور وضع جميع مادة الجسم عليه لاستغبر قدرته الحية ولا يتغير عزم قصوره بالنسبة للمحور المذكور اعلى إذا رمز لنصف قطر القصور المذكور بالرمز $هـ$ ولجسم الجسم بتمامه بالرمز $م$ يكون

$$م = م' = م' \dots (٢)$$

وبناء على معادلة (١) يكون $م' = م' = م' \dots$ ومنها يحدث

$$م' = م' = م' \dots (٣)$$

ومنى كانت الأجسام متجانسة يمكن تعويض محسبات العناصر بأحجامها المناسبة لها وعينئذ إذا رمز لجسم أحد العناصر بالرمز $ح$ وللجسم الكلى للجسم المفروض بالرمز $م$ يكون

$$م = م' = م' = م' \dots$$

$$م' = م' = م' \dots$$

وفي حالة ما يكون أحد أبعاد الجسم المتجانس صغيرا جدا بالنسبة للبعدين الآخرين فإنه يمكن اعتبار الجسم السابق مسطحا وحينئذ فعزم قصوره يؤول إلى عزم قصور سطح وإذا كان أحد بعدى السطح صغيرا جدا بالنسبة للبعد الآخر فإنه يؤول إلى خط وعزم قصوره يكون حينئذ عزم قصور خط ويفهم من ذلك أنه متى كانت الأجسام متجانسة فإن الجسم $م$ للجسم قد يعتبر حجما أو سطحا أو خطا بحسب صغر أحد أبعاده بالنسبة للبعدين الآخرين أو صغر كل من البعدين بالنسبة للبعد الثالث

الارتباط الواقع بين عزمي قصور الجسم المنسوبين لمحورين متوازيين - متى علم عزم قصور جسم (أي جملة مادية على العموم) بالنسبة لمحور مار بمركز الثقل فإنه يتحصل على عزم قصور الجسم المذكور بالنسبة لمحور آخر مواز للأول بإضافة حاصل ضرب حجم الجسم في مربع البعد بين المحورين المذكورين إلى عزم القصور المعلوم

لأنه إذا فرض أن $ص ص'$ محوران متوازيان أحدهما وهو $ص$ يمر بمركز ثقل الجسم المفروض ومردناهما مستويا ثم انزلنا من عنصريهما انق $م$ على هذا المستوى عمودا $م ب$ وانزلنا من نقطة $ب$ عمودا مشتركا على كل من المحورين المذكورين ووصلنا مستقيمي $م ب$ فهذان المستقيمان يكونان عمادين على المحورين السابق ذكرهما على التناظر ثم للاختصار نضع

$$م = م' = م' = م' \dots$$

وحيئذ فن مثلث $م ب$ يحدث

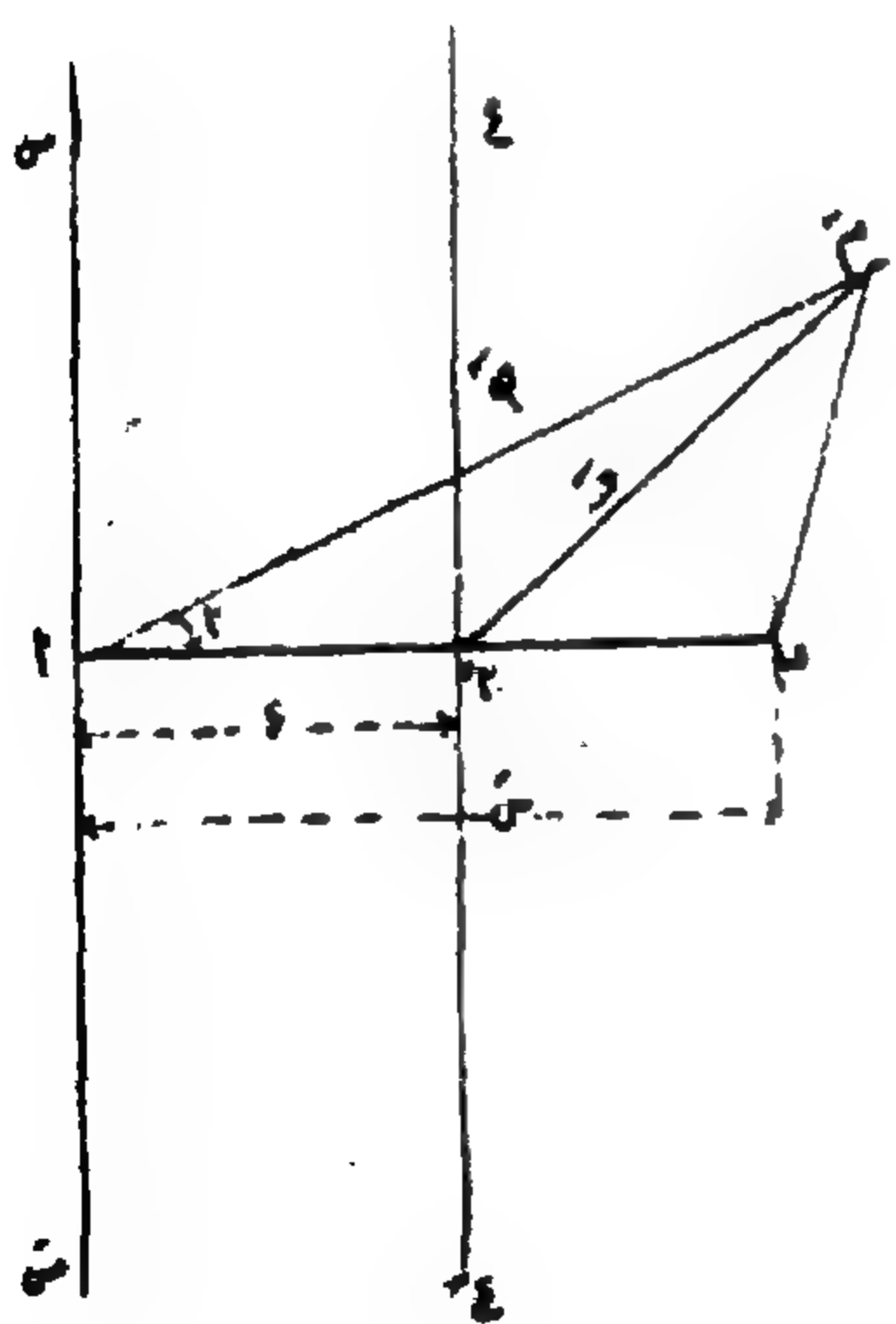
$$م' = م' = م' \dots$$

ولكن من مثلث $م ب$ القائم الزاوية في $ب$ يحدث

$$م' = م' = م' \dots$$

$$م' = م' = م' \dots (١)$$

وقد يلاحظ أنه إذا وقعت نقطة $ب$ على مسار $ص ص'$ فزاوية $م$ تصبح منفرجة وتكون الكمية $م$ سالبة وبناء عليه تكون



تكون معادلة (١) عمومية باعتبار اشارة \pm
وبضرب طرفي المعادلة المذكورة في المجسم \mathbf{M} للعنصر المفروض يحدث

$$مَ وُ = مَ هَ + مَ دَ - مَ سَ$$

وبالنسبة لغرض آخر مجمله ثم بالمثل يحدث

$m'' = m'' + m'' - m''$ و هكذا

ويجمع هذه المعادلات على بعضها طرفاً بطرف - يحدث

$$(\dots + \overset{r}{s} \overset{r}{m} + \overset{r}{s} \overset{r}{m}) \delta - (\dots + \overset{r}{m} + \overset{r}{m}) \delta + \dots + \overset{r}{s} \overset{r}{m} + \overset{r}{s} \overset{r}{m} = \dots + \overset{r}{s} \overset{r}{m} + \overset{r}{s} \overset{r}{m}$$

ولكن حيث ان m س + m س + عبارة عن مجموع عزز النقط المادية للجسم المفروض بالنسبة للمستوى المار بالمحور
ص ص عمودا على مستوى المحورين فيكون هذا المجموع معدوما لأن المستوى المار بالمحور ص ص يمر بمركز
ثقل الجسم المفروض وبناء عليه فيكون

$$(\dots + \overset{c}{m} + \overset{c}{m})^c + \dots + \overset{c}{m} + \overset{c}{m} = \dots + \overset{c}{m} + \overset{c}{m}$$

واذا رزق للجسم الكلى بالرزق م يحدث

$$S^1 p + \dots + A^1 p + A^2 p = \dots + \omega^1 p + \omega^2 p$$

ولكن حيث ان المجموعين $\text{م}^{\circ} + \text{م}^{\circ} + \dots + \text{م}^{\circ} + \text{م}^{\circ}$ عبارة عن عزمي قصور الجسم المفروض بالنسبة للمحورين ع ع ، ص ص المذكورين فاذا وزل عزمي القصور المذكورين بالمزمن ه ما ه يكون

$\frac{4}{5} + \frac{3}{5} = 1$ وهو الارتباط المطلوب

ومن هذه المعادلة يمكن تعيين عزم القصور بالنسبة لمحور مار بمرکز الثقل اذا علم عزم القصور بالنسبة لمحور مواز له بأن يطرح فقط م د من عزم القصور المعلوم

فحساب غير القصور الذاتي للقطاعات الأكثر استعمالاً

متماثلة كانت أو غير متماثلة

میت از حساب عمر القصور الذاق علی العموم لا یحصل الا بواسطة حساب التفاضل والتکامل فیکتفی هنا بوضع

المقادير النهائية لغزو النصور الذاتي للقطاعات الأكثر استعمالاً

متانله كانت اوغير متانله بالنسبة للماور الماء بمرکز ثقلها

وموجودة في مستوبها وهي

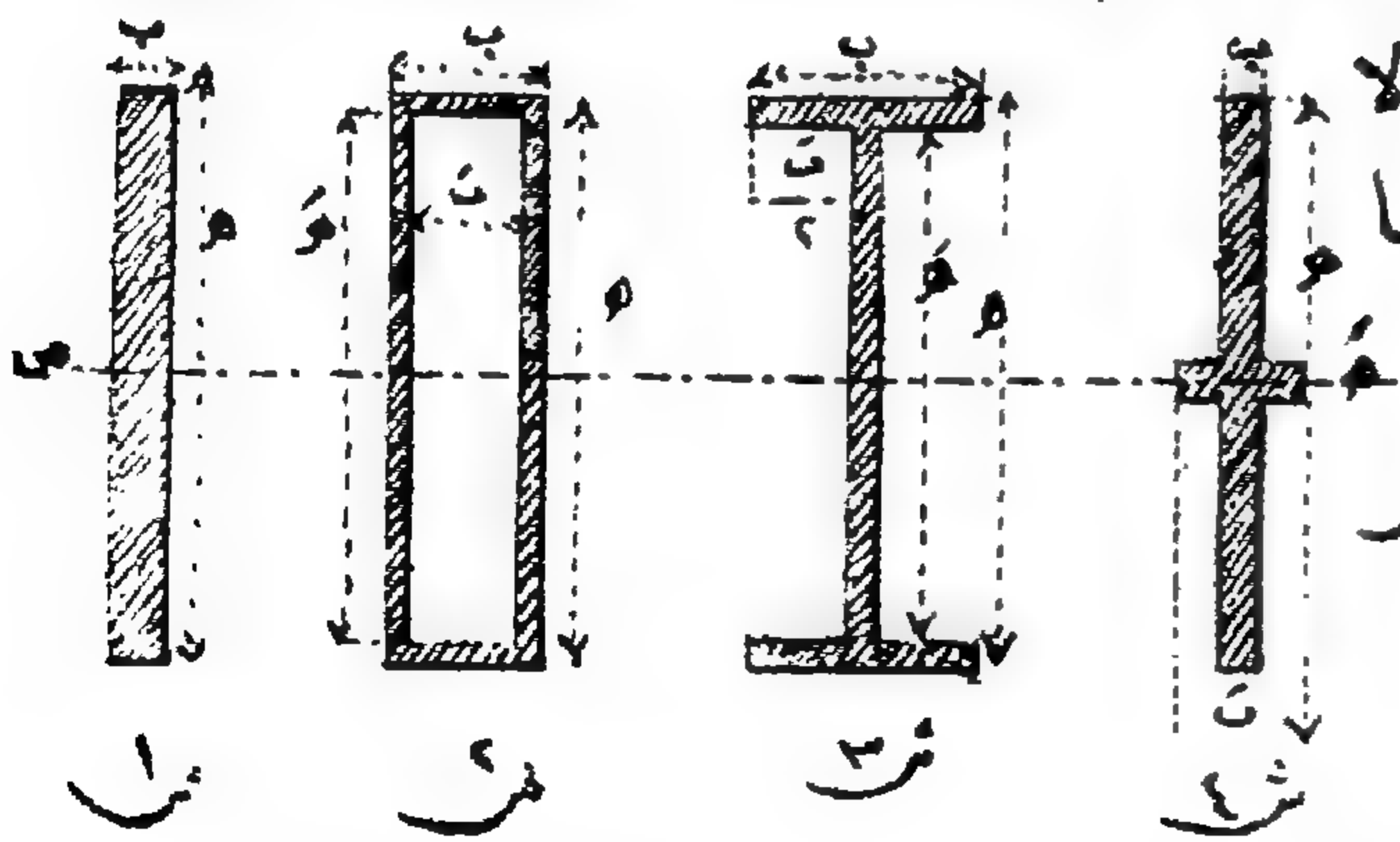
عزم قصور قطاع مستطیل (شکل ۱) بالنسبة لمحورين من الماور

مركز ثقله وموجود في مستوي ومواز للقاعدتين هو

$$y - \frac{1}{2} = 2$$

وعزم تصور قطاع على شكل صورة مستطيل مفرغ (شكل ١) بالنسبة لمحور س من هو $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_1}$

وعزير قصور قطاع على صورة صنف حرف T (شكل ٢) بالنسبة لمحورين هو $\frac{1}{2} (d_1 - d_2)$





وعزم قصور قطاع صليبي على صورة (شكل ٤) بالنسبة لمحور س ص هو

$$I_s = \frac{1}{12} [B t^3 + t (B - b)^3] \quad \text{بالنسبة لمحور س ص}$$

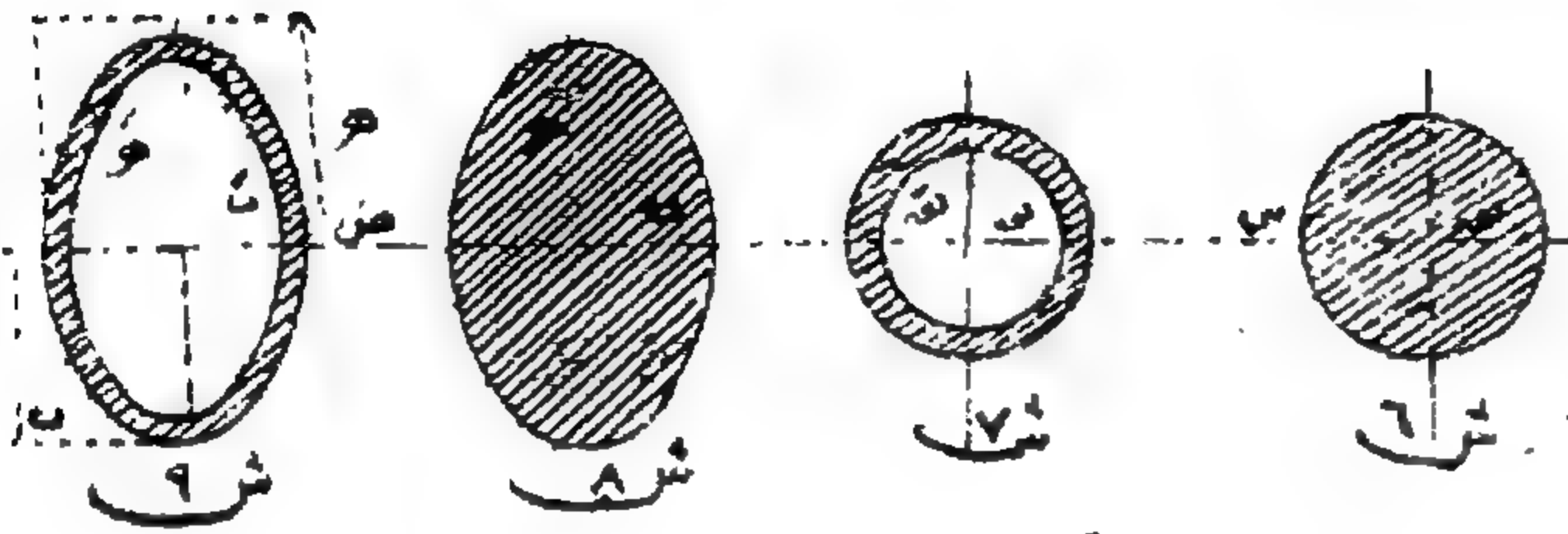
وعزم قصور قطاع على صورة ثلاثة امثال حرف T (شكل ٥) هو

$$I_s = \frac{1}{12} [B t^3 + t (B - b)^3 + b t^3] \quad \text{بالنسبة لمحور س ص}$$

وعزم قصور قطاع دائري (شكل ٦) بالنسبة لأحد اقطاره هو

$$I_s = \frac{1}{4} \pi r^4$$

وبالنسبة للمحور العمودي على سطح الدائرة وماربكرها هو

$$I_s = \frac{1}{4} \pi r^4$$


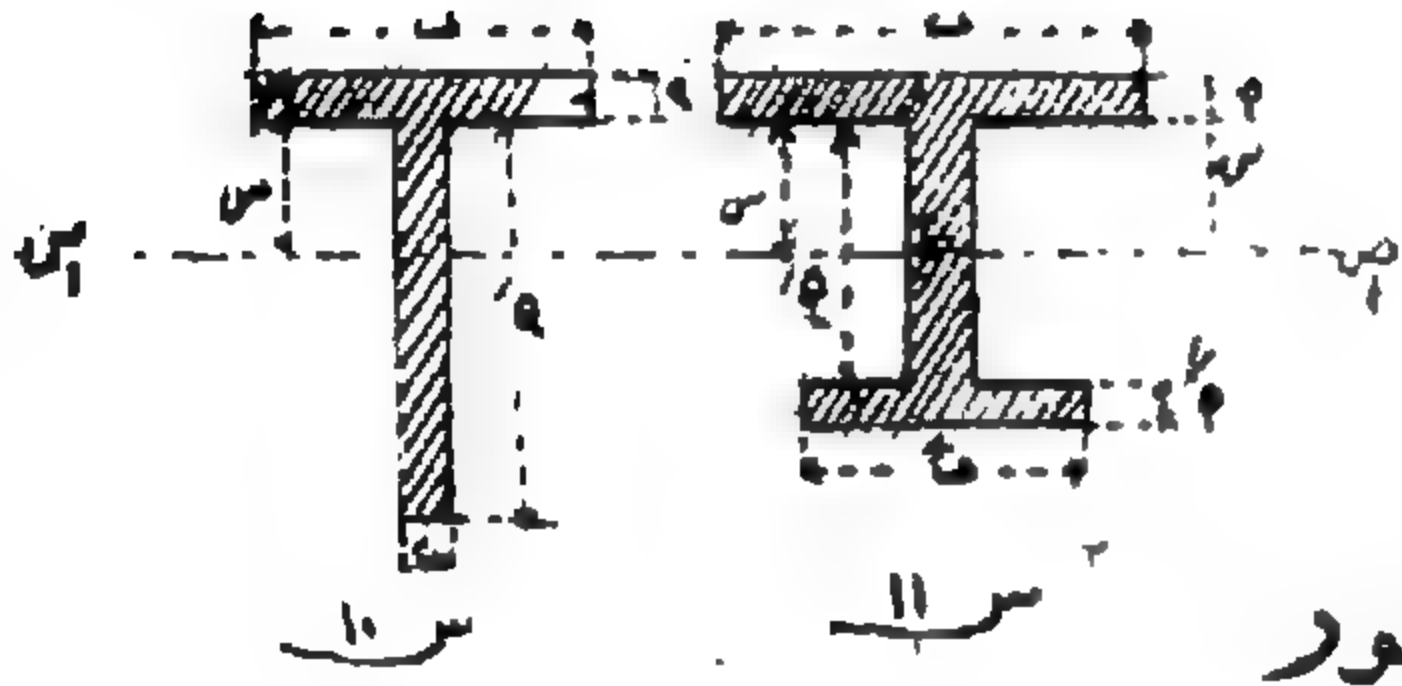
وعزم قصور قطاع دائري مغزغ (شكل ٧) بالنسبة لأحد اقطاره هو

$$I_s = \frac{1}{4} \pi (r_o^4 - r_i^4)$$

وبالنسبة للمحور العمودي على سطح القطاع وماربالمركز هو

$$I_s = \frac{1}{4} \pi (r_o^4 - r_i^4)$$

وعزم قصور قطاع ناقصي (شكل ٨) بالنسبة للمحور س ص هو

$$I_s = \frac{1}{12} \pi (r_o^4 - r_i^4)$$


وعزم قصور قطاع ناقصي مغزغ (شكل ٩) بالنسبة للمحور س ص هو

$$I_s = \frac{1}{12} \pi (r_o^4 - r_i^4)$$

ولأجل تعيين عزم قصور قطاع على صورة حرف T (شكل ١٠) بالنسبة للمحور س ص نرسم جرف س للبعد الرأسى الواقع بين الافقى العلوى للقطاع وبين مركز ثقل القطاع المذكور المفروض مرور خط المحول به وحينئذ يكون

$$s = \frac{b t^3 + t (B - b)^3}{12 (B t + t (B - b))}$$

$$I_s = \frac{1}{12} [B t^3 + t (B - b)^3] + [B t + t (B - b)] s^2$$

ولأجل تعيين عزم قصور قطاع على صورة ضعف حرف T والراسان مختلفان (شكل ١١) بالنسبة للمحور س ص نرسم جرف س للبعد الرأسى الواقع بين الافقى العلوى للقطاع وبين مركز ثقله المفروض مرور خط المحول به

$$s = \frac{b t^3 + t (B - b)^3 + b t^3}{12 (B t + t (B - b) + b t)}$$

$$I_s = \frac{1}{12} [B t^3 + t (B - b)^3 + b t^3] + [B t + t (B - b) + b t] s^2$$

وحيث أنه يحتاج احيانا في حساب عزم قصور بعض القطاعات غير المنتظمة الى حساب عزم قصور متوازي اضلاع او مثلث فنذكر القوانين النهائية الخاصة بعزم قصور هذين الشكلين فنقول

عزم قصور متوازي اضلاع (شكل ١٤) بالنسبة للمحور من طر المار بمركز ثقله ومواز للقاعدة ب هو

$$E = \frac{1}{12} B H^3$$

وبالنسبة لأحد قطريه (شكل ١٥) هو

$$E = \frac{1}{6} B H^3$$

وعزم قصور مثلث (شكل ١٦) بالنسبة لأحد اضلاعه ب هو

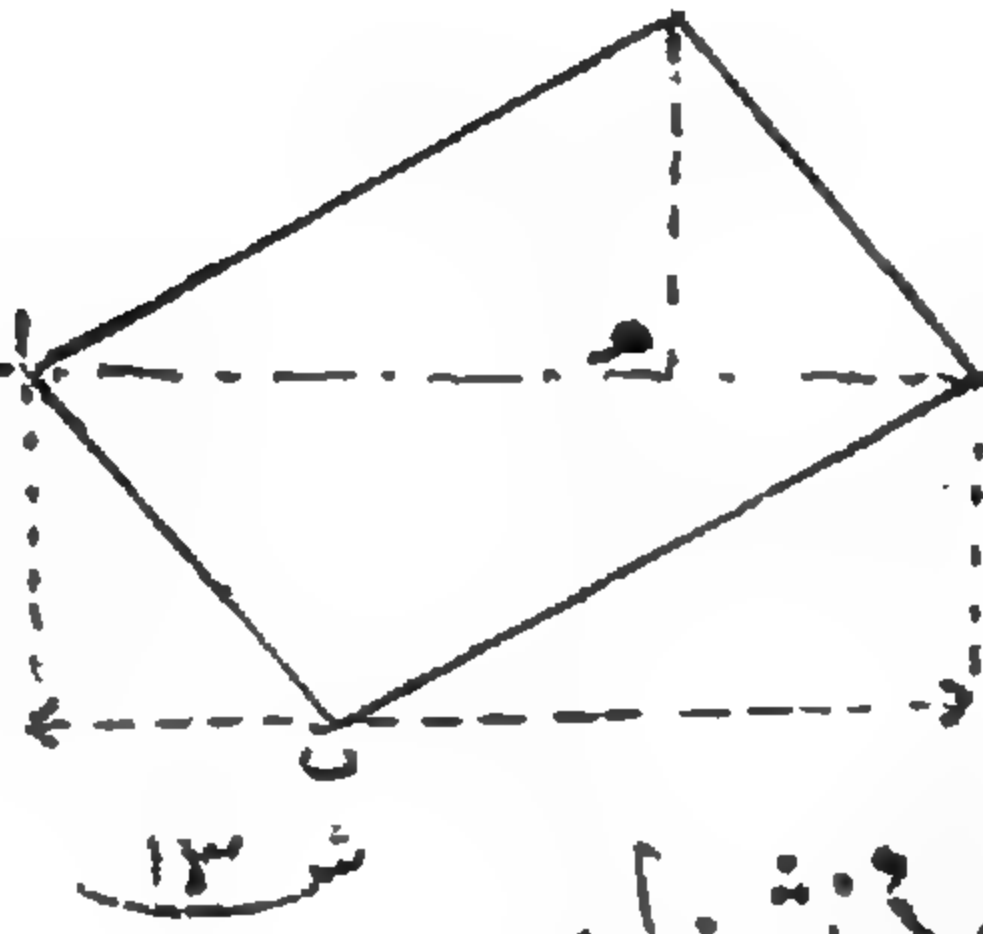
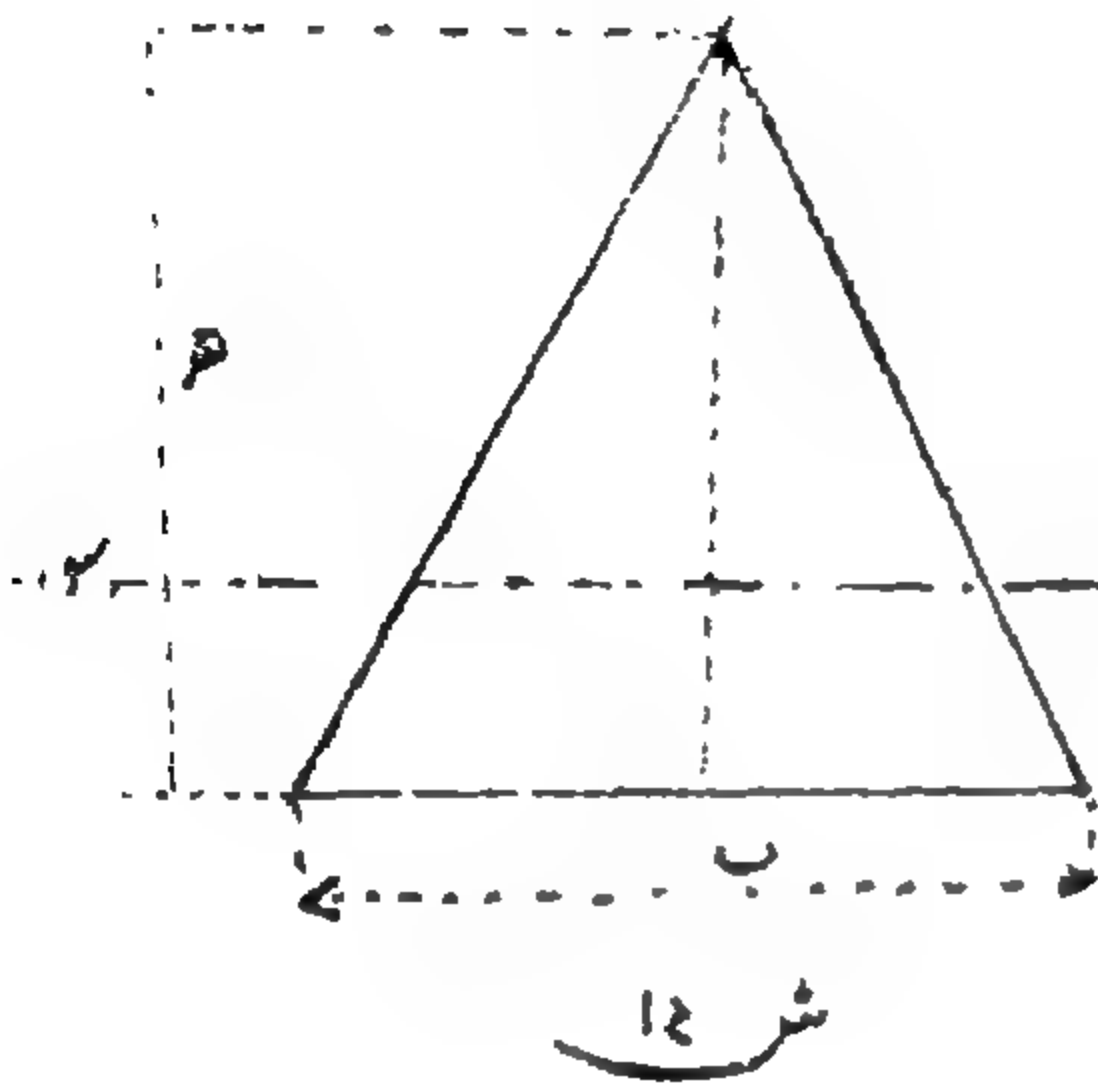
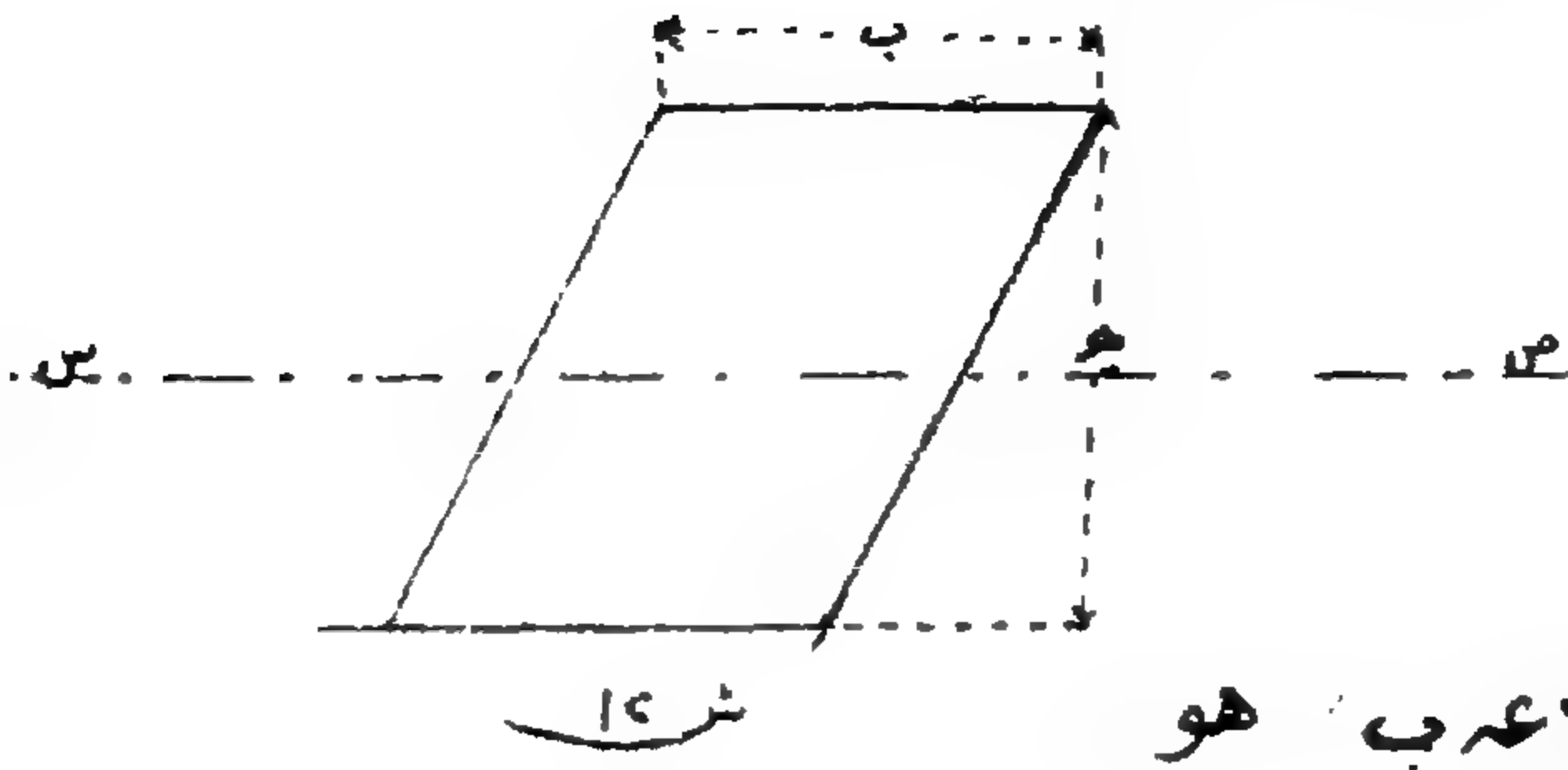
$$E = \frac{1}{36} B H^3$$

وبالنسبة للمحور من طر المار

بمركز ثقله ومواز للقاعدة

ب هو

$$E = \frac{1}{36} B H^3$$



في الإنشاء

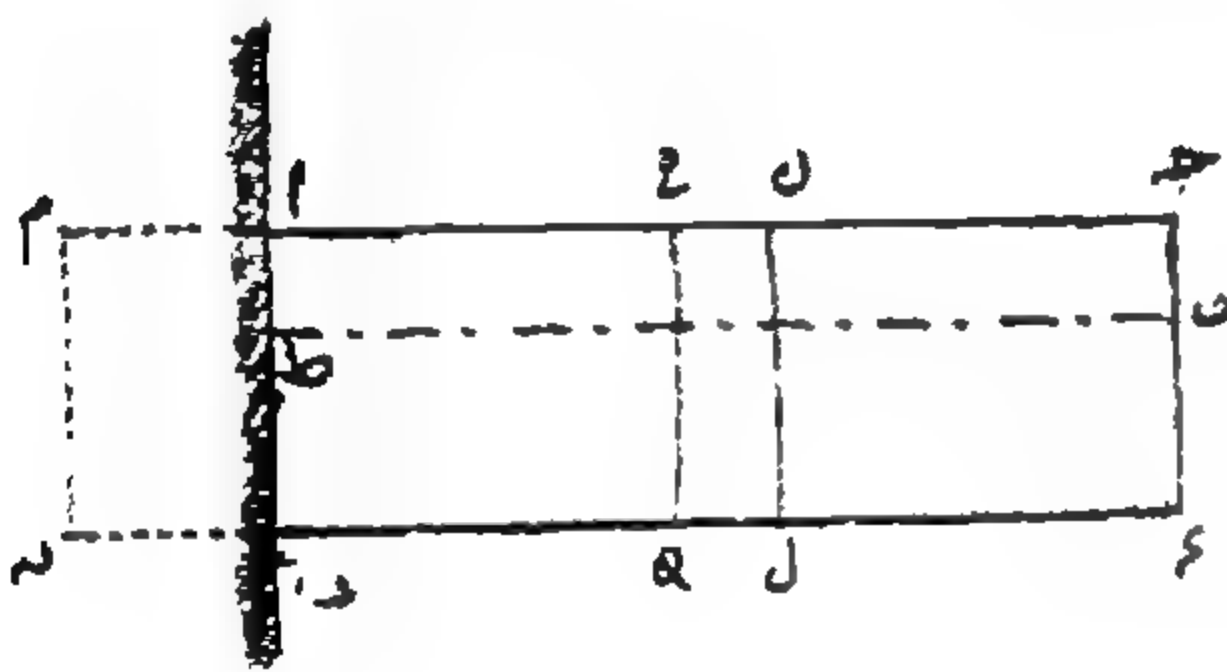
في إنشاء القطع المستقيمة

فمقاومة قطعه مثبتة من أحد طرفيها ومطلقة من الطرف الآخر

القطع المستقيمة يمكن الخناؤها بجملة كفيات وأهمها التي تشاهد تطبيقاتها كثيرا في الحسابات هو انحناء قطعة منشورية مثبتة من أحد طرفيها ومطلقة من الطرف الآخر

ويقال ان التثبيت حاصل متى كانت القطعة ثابتة بالكلية في جزء من طولها ا ب م ن ويحصل على التثبيت بأدخال طرف القطعة في تجويف من الحائط وتجيبيه جيدا أو بوضعه بين فكين

ثابتين



والغرض من التثبيت منع انحناء الجزء المثبت وحينئذ فالقطاع ا ب من الشكل يبقى على الدوار وأسياسه كما كانت القوة الواقعة على الطرف الآخر من المنشور ومهما كان انحناءه

ولستعمل بمقاومة قطعة منشورية ا ب دء مثبتة من طرفيها ا ب ومطلقة الطرف الآخر دء الواقع عليه الثقل ن فنقول

أنه بتأثير الثقل المذكور ينحني الساق والحصول على جميع ما ينشأ عن ذلك نفرض جملة فروض فلنعتبر أن المنشور مكون من خزمة من الالياف أو الخيوط المتكورة بعضها ببعض وموازية لأحرف المحيط الخارج ا ب دء ثم أن المحيط المار بمركز ثقل جميع القطاعات العرضية يسمى بالمحيط المحوري ونسلم أنه بعد

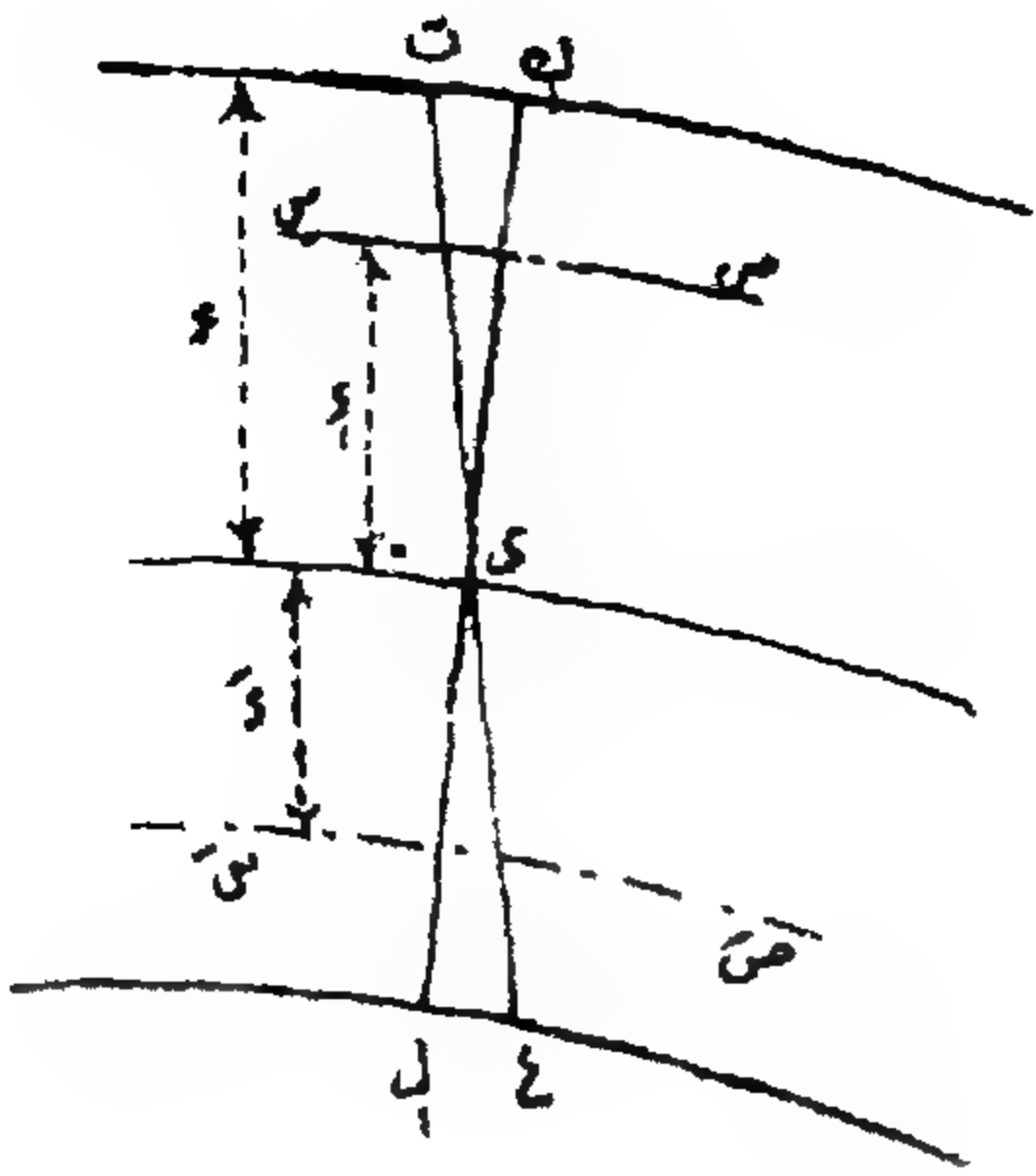
ثم نسلم أيضا بـهـرأت أولا أن جميع النقط التي كانت موجودة في الأصل في القطاع العرضي حـهـ توجد بعد الانحناء في قطاع المستوى عينه جـهـ العمودي على الحرف العلوي اـدـ وثانيا أن القطاعات تحفظ أشكالها وأبعادها الأصلية وثالثا أن الانحناء يكون ضعيفا نوعا بحيث يمكن تطبيق القوانين البسيطة الخاصة بالشد والضغط (وهذا يقتضى بعدم تجاوز نهاية المرونة في أي حال من الأحوال)

فالقسم الثاني من هذه المسألة متشعب جدا ويمكن تركه في العمل وحينئذ فلا نستغل به ونجت فقط على الضغوط التي تؤثر في قطاع عرضي فنقول

ويرى بدهية ان المسافة كح تتزايد والمسافة هـ ل تتناقص ويحصل حينئذ استقامة الخيوط في الجزء العلوى وانكماشها في الجزء السفلى والاستقامة العظمى تكون في الخيط العلوى ا د ثم يأخذ في النقص نحو النزول وبالمثل يكون الانكماش الأعظم في الخيط السفلى ب هـ ثم يأخذ في النقص نحو الصعود وعلى هذا فتكون القوى الاعظم ما يمكن مؤثرة على الخيط الأعلى وعلى الخيط الأسفل

ولنرجع الى القطاعين المتجاورين ح ه ا ل الذين بعد الاحتواء يوحداث في ع ه ا ل ه ل فزى أن القطاع
ه ل يعاقل محور المحول ونقطة ي فتم منها ت ع موازيا الى ج ه وحيثما فالمثلث ت ي ه يبين استقامة
الخطوط الموجودة فوق محور المحول وموازية للقاعد ت ه ل للمثلث المذكور والمثلث ع ي ل يبين

۱۴۱۸



التكاش الخيوط الموجودة أسفل محور الحمل وموازية للقاعدة Δ للثلاث المذكور

ولنفرض خيطا $س$ $ص$ موجودا على بعد Δ من محور الحمل ونرمز لشده بحرف $س$ فهذا الشد يكون مناسباً للاستطالة $س$ $ص$ للخيط المذكور
وحيث أن الشد الأعظم واقع على الخيط المتطرف $ت$ $هـ$ فنفرض بحرف $م$ للقدار الذي لا يتجاوز الشد المذكور وهذا المقدار متعلق بمعامل الأمن المستعمل ولنفرض أن الشد في $ت$ $هـ$ مساوٍ بالضغط إلى $م$ فبناءً على كون الاستطالات مناسبة للضغوط يحدث

$$\frac{س}{م} = \frac{س}{ت} = \frac{س}{هـ} \quad \text{ومنها} \quad س = \frac{م}{\Delta} \times \Delta$$

وهو مقدار الشد على بعد Δ من محور الحمل

فبتطبيق هذا المقدار على عنصر مثل $ت$ من القطاع العرضي فإن الشد فيه يكون مساوياً إلى $\frac{م}{\Delta} \times \Delta$ وعزم الشد المذكور بالنسبة للمحور العمودي على مستوى الشكل المار بنقطة $ي$ يكون

$$م \times \frac{\Delta}{\Delta} \times \Delta$$

وإذا أخذ عوضاً عن خيط مستطيل خيط منكش فيكون الخيط المذكور محصوراً في الشكل Δ $ي$ $ع$ ونفرض أن المقاومة للشد عين المقاومة للضغط (وهذا يختلف قليلاً عن الحقيقة بالنسبة للحديد) ولو حفظ أن المثلث $ي$ $س$ $ص$ مشابه للمثلث $ي$ $ت$ $هـ$ فإنه يحدث أيضاً

$$\frac{س}{م} = \frac{س}{ت} = \frac{س}{هـ}$$

وحيث أن عنصر الضغط $س$ بالنسبة للعمود $ي$ في نقطة $ي$ على سطح الشكل يكون

$$م \times \frac{\Delta}{\Delta} \times \Delta$$

وعليه فيكون مجموع عزم القوى العنصرية المؤثرة في القطاع Δ $هـ$ هو

$$\frac{م}{\Delta} \times \Delta \times \Delta$$

وحيث أن الكمية $\frac{م}{\Delta} \times \Delta$ عبارة عن عزم قصور القطاع العرضي للمنشور بالنسبة للمحور $ي$ الموجود في القطاع المذكور فإذا رمزنا لعزم القصور المذكور بحرف $ع$ فإن عزم مقاومة القطعة في القطاع Δ $هـ$ يكون مساوياً إلى $\frac{م}{\Delta} \times \Delta$ وحيث أن هذا القطاع يلزم أن يقاوم القوى الخارجة الواقعة بينه وبين الطرف المطلق للقطعة المنشورية فعزم مقاومته يلزم أن يكون مساوياً لعزم القوى الخارجة بالنسبة للمحور عينه فإذا قطعنا النظر عن ثقل القطعة فإنه في الحالة التي نحن بصددتها تكون القوى الخارجة عبارة عن الثقل $ح$ الواقع في النهاية المطلقة $د$ وعزم تلك القوة يكون مساوياً حينئذ إلى حاصل ضرب $ح$ في البعد $س$ الواقع بين القطاع Δ $هـ$ وبين النهاية المطلقة وحينئذ فمعادلة التوازن تقول إلى

$$\frac{م}{\Delta} \times \Delta = ح \times س$$

وبواسطة هذه الدالة يمكن أولاً من بعد معلومية شكل القطعة المشووية وأبعادها تعيين مقدار الثقل W الذي يمكن توقيعه على النهاية المطلقة لها
وثانياً من بعد معلومية الثقل W المقتضى توقيعه على الطرف المطلق تعيين عزم القصور E للقطاع العرضي للقطعة المفروضة وفي هذه الحالة تكون المسألة غير معينة الحل حيث أنه يوجد بها عدد غير محدود من القطاعات التي عزم قصورها واحد

في الأحوال التي يكون فيها العتب مثبتاً
من أحد طرفيه ومطلق من الطرف الآخر

الحالة الأولى - إذا كان الحمل وحيداً وواقعاً في الطرف المطلق W ورمزنا بالرمز E لعزم الانحناء بالنسبة لقطاع حيثما اتفق E متباعد عن الطرف المطلق W بالبعد S يكون
 $E = W \cdot S \dots \dots (1)$

وإذا فرض أن $S = L$ يكون

$E = W \cdot L$ وفي هذه المعادلة E رمز لعزم الانحناء الأعظم ولكن معادلة التوازن بالنسبة للقطاع E المذكور تكون $E = W \cdot S$

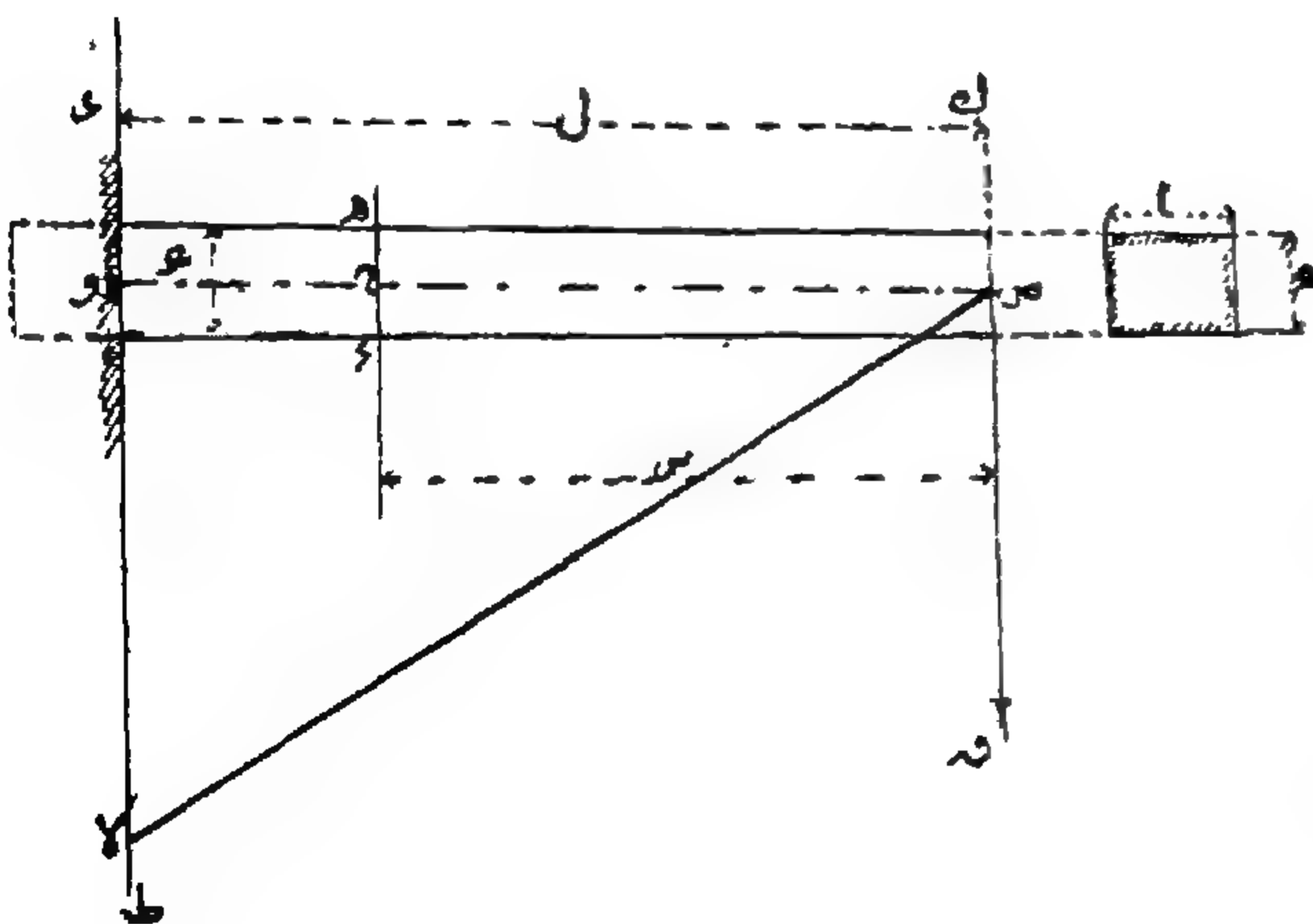
فإذا كان القطاع مستطيلاً ارتفاعه h يكون

$$E = \frac{W \cdot L^2}{2} \text{ وحينئذ يكون } E = \frac{W \cdot L^2}{2}$$

ومن هذه المعادلة يجب مقدار القطاع بالنسبة لكل نقطة من طول العتب ولكن إذا أريد أن يكون للعتب قطاع ثابت يجب القطاع المذكور من معادلة

$$E = \frac{W \cdot L^2}{2} \dots \dots (2)$$

ويفهم من معادلة (1) أن الخط البياني لعزم الانحناء أو عزم الكسر هو خط مستقيم مار بنقطة W وقاطع للمستقيم الرأسى W في نقطة لا بعدها عن نقطة W تساوى المقدار $W \cdot L$ مأخوذاً بمقياس اختياري أعني أن $W \cdot L = W \cdot L$



وحينئذ فالمستقيم W لا يكون هو الخط البياني لعزم الانحناء
الحمل القاطع - اعلم أن الحمل القاطع في نقطة ما من العتب هو
المشتقة برتبة أولى لعزم الانحناء E بدلالة المتغير S فإذا رسم
للحمل القاطع المذكور مجرى H وأخذت المشتقة برتبة أولى لمعادلة (1) يكون
 $H = W \cdot S \dots \dots (3)$

ويفهم من هذه المعادلة أن الخط البياني للأحمال القاطعة مستقيم
افقى له W متباعد عن المحور W ولعبت بيعد $W \cdot L = W \cdot L$

وبعد حساب قطاع العتب إذا رسم له مجرى H يلزم أن يكون محققاً للمعادلة الآتية

$\frac{1}{2} = \frac{1}{2}, \frac{1}{3} = \frac{1}{3}, \frac{1}{4} = \frac{1}{4}, \dots$

بالنسبة للوحدة السطحية ما و رمزها عامل المرونة

الکلی اعنی یکوئن سهم الاختاء

الح $\dots \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}} \quad \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}} \quad \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}}$

ويستجيب بناء على المعادلات السابقة أن

ی = $\frac{م}{و}$ ، ی = $\frac{م}{و}$ ، ی = $\frac{م}{و}$ الح

و یجمع هذه المعادلات طرفاً بآخر

$$F = \frac{c}{\omega} \left(\frac{\omega_1}{\omega} + \frac{\omega_2}{\omega} + \frac{\omega_3}{\omega} + \dots + \frac{\omega_n}{\omega} \right)$$

...الخ التي نأخذها القطاعات المتتالية للجسم المذكور

وحيث في حالة ما يكون قطاع المنشور أو العقب المثبت من أحد طرفيه مستطيلاً ارتفاعه ثابت h فإن سهم الاغناء للطرف المطلق يتعين بناء على المعادلة العمومية السابقة من المعادلة

أومن معادلة

$$\frac{5}{2} \times \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$$

$$f = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}}$$

وحيث أن في هذه الحالة مَ = ذ = هـ ما مَّ = ذ = هـ ما مُّ = ذ = هـ الخ

التي فيها ذر من المعدل المقاومة ومقداره هو $z = \frac{1}{4}$ فيكون

وحيث أن $y' = y \times y$ فيكون

١٢ عبارة عن عزم خط مستقيم مادي طوله l وذراع راحته l_1 بالنسبة للطرف المطلق لمحور العقب وعليه فالجميع المحصور بين القوسين يكون عبارة عن مثلث abd قائم الزاوية ومتساوي الساقين طول ساقه l بالنسبة للرأس a وحيث أن عزم المثلث المذكور بالنسبة للنقطة المذكورة يساوي

۳۱
فیکون

وعلیه کون $f = \frac{c}{\lambda} \times \frac{30}{100}$

وحيث ان في هذه الحالة $m = 2$ و $n = 2$ فيكون

ف = $\frac{c}{\frac{m}{h}}$ أو

ف = $\frac{1}{3}$ و هو المطلوب

الحالة الثانية - إذا كان العتب محملاً ببجالة أحمال وقطع النظر عن شكل القطع فإن عزم الأخنأ بالنسبة لقطاع حينئذ يتفق يكون مساوياً لمجموع عزم القوى الخارجة الواقعة بين هذا القطاع والطرف المطلق للعتب المذكور. وحينئذ فنظر الأخنأ الأعظم يكون مساوياً لقطاع

التبیت از فی للقطاع المحظور وعلیه یكون

$$ع = و د + ز ه س + ق ه س + ... ح$$

وعادلة التوازن تؤيد قول حينئذ الحـ

$$\frac{1}{x} = 1 + \frac{1}{2}x + \frac{1}{3}x^2 + \frac{1}{4}x^3 + \dots$$

الذى فيها ϵ ومن بعد الحيط المتطرف عن خط الحمول في القطاع α
وأما مقدار الحمل القاطع فإنه يعلم من معادلة

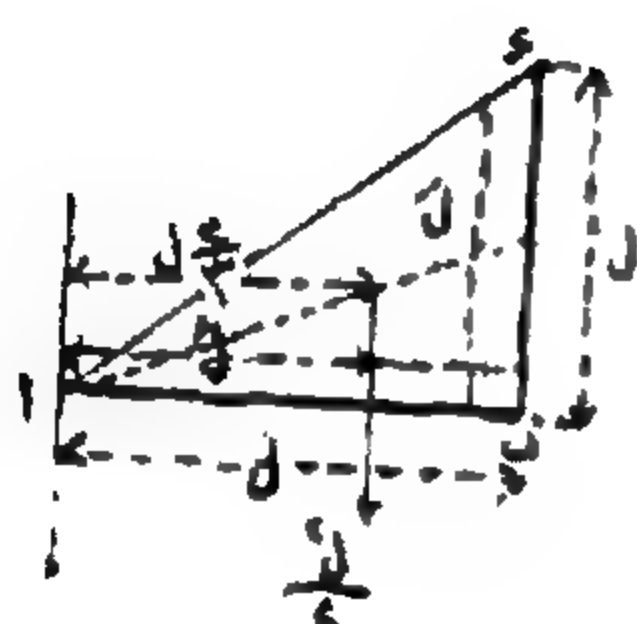
$$\dots + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 2$$

وأما سهم الاختيار للطرف المطلق فيجب بناء على المعادلة العمومية السابقة وهب

$$\left(\dots + \frac{\frac{1}{2} \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} + \frac{\frac{1}{2} \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} + \frac{\frac{1}{2} \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \right) \frac{c}{w} = f$$

التي فيها ورفض معامل المرفقة م م ام م ... رموز لمعاملات المقاومة في القطاع المختلفة ماها وماها...

رموز



ولكن لا يتيسر حساب سهم الاعضاء في هذه الحالة من هذه المعادلة لسبب تشعب حدودها
الحالة الثالثة - اذا كان العتب محملا بجمل موزع بانتظام فان معادلة منحنى العزم تكون

التي فيها φ رمز للحل بالنسبة للمتطوي وأما العزم بالنسبة
لقطاع التثبيت فيكون مساويا الى

واذا فرض مقدار الحمل الذي يتحملة العتب مع الأيمن بتوقيعه على طرفه المطابق بالرمنه β وكان هذا الحمل مساويا للحمل الكلى بدل الموزع بانتظام على طول العتب المذكور يكون

ويعني من ذلك ان العتب الذي يتحمل مع الآمن عملاق قد ه
واقعا على طرفه المطلق يتحمل مع الآمن ضعف ذلك الحمل اذا صار
توزيعه بانتظام على طول العتب المفروض
وأما القوة المقاطعة فتعني من القانون
ح = نه (ل - س)

وحينئذ ففحنى العز يكون قطعاً مكافئاً Δ وأن الخط الذى احداثياته الرأسية تعلم بهامقادير h هو مستقيم ad

وأما القطاع فيحسب من معادلة

فإذا كان قطاع العتب مستطيلاً ارتفاعه h فأين المعادلة المذكورة تؤول الى

ومنه بعد حساب القطع يلاحظ ان مقاومته يلزم ان تكون مساوية او اكبر من اهل القاطع اعني ان يكون

وأما سهمها لاختفاء في النهاية المطلقة للعب فيجب من المعادلة

$$f = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}}$$

$$م ذ = \frac{1}{c} م ل^{\epsilon} ا م^{\epsilon} ز = \frac{1}{c} م ل^{\epsilon} ا م^{\epsilon} ز = \frac{1}{c} م ل^{\epsilon} ا م^{\epsilon} ز , ... الخ فيكون$$
$$ن = \frac{م}{و د} (ل^{\epsilon} + ل^{\epsilon} + ل^{\epsilon} + ...)$$

فـ = $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{4}$

الحالة الرابعة - اذا كان العتب محملا بأحوال متزايدة بانتظام كيفية مستمرة بالابتداء من النهاية المطلقة للعب التي يكون فيها الحمل معدوما والنقطة الثابت التي يكون فيها مقدار الحمل ك وفرضنا ان محصلة الاعمال المذكورة هي $\frac{1}{2}$ يكون

وحيث ان نقطة تأثير المحصلة المذكورة توجد في هذه الحالة في ثلث
طول العتبات بالابتداء من نقطة التثنت فيكون

ع = $\frac{1}{6}$ ك ل $\times \frac{1}{4}$ ل = $\frac{1}{4}$ ك ل = $\frac{1}{3}$ ل = $\frac{1}{3}$ ه ل
فإذا كان قطاع العيب مستطيلاً ارتفاعه ه فإن معادلة التوازن تكون

$$\Delta \approx \frac{1}{\pi} = \frac{\Delta PC}{5}$$

وأما الحمل القاطع في نقطة ما فإنه يتعين من معادلة $\frac{C}{L} = \frac{C}{L} (L - S)$

ومقداره الاعظم المطابق لقطاع الثبیت يتعين من المعادلة المذكورة بفرض $\mu = 1$.

في الاعتناء المتساوية والمقاومة المثبتة من أحد الطرفين ومطلقة من الطرف الآخر

ونحمله بحمل واحد في الطرف المطلق المذكور

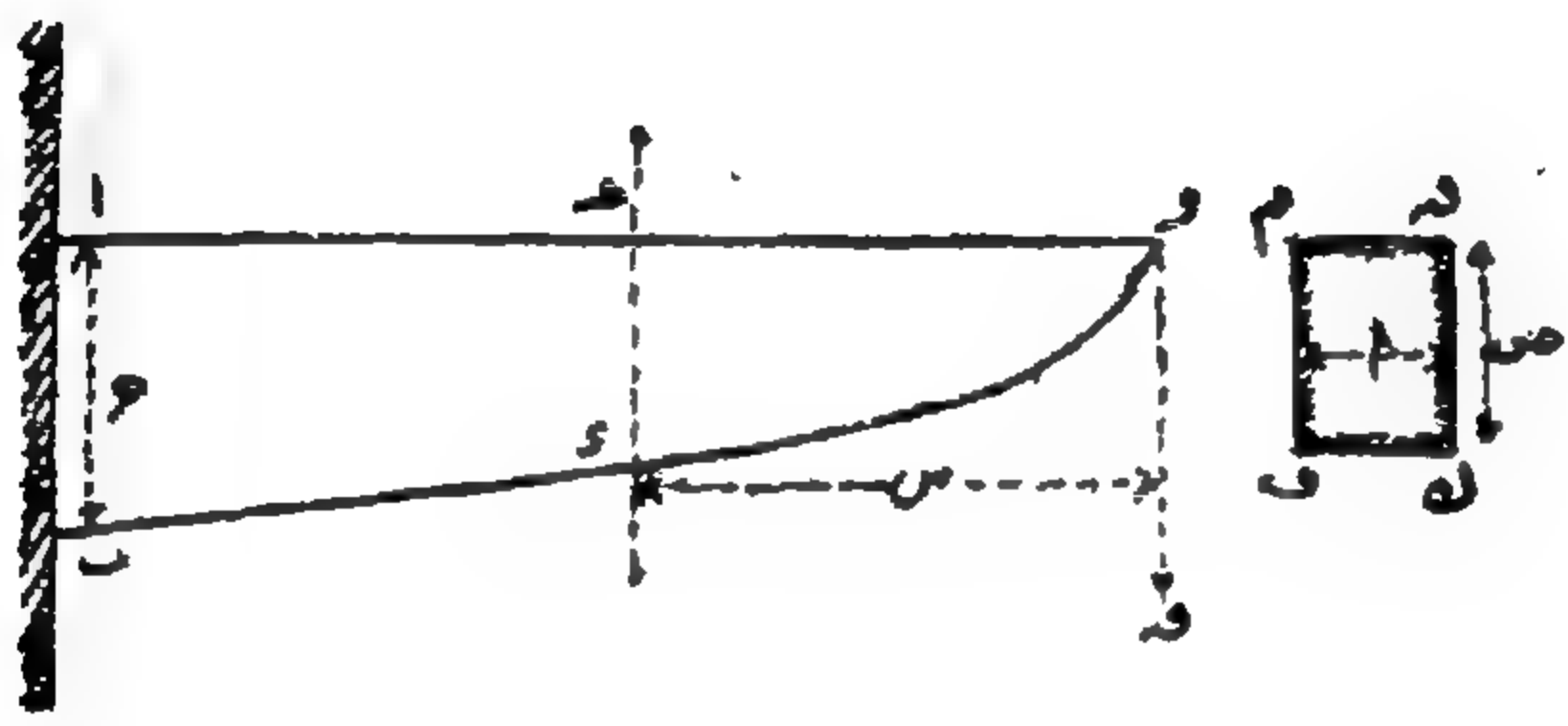
في القطع ذات القطاع العرضي المتماثل (الذي على شكل مستطيل أو دائرة أو على شكل ضعف حرف T) يسلم بأن:

محور المحول منطبق على المحيط المحوري وحينئذ فالبعد الأعظم الذي يفصل المحيط المتطرف عن محور المحول يكون مساويا الى نصف ارتفاع القطعة $\frac{1}{2}$ وحينئذ فمعادلة التوازن السابقة تؤل الى

$$\frac{2}{3} = \frac{1}{2} \times l \text{ ومنها يحدث } m = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} l$$

فإذا كان القطاع العرضي ثابتا يرى أن الشدة الأعظم m تكون مناسبة الى الطول l وتكون معدومة في النهاية المطلقة للقطعة وأعظم ما يمكن بالقرب من قطاع التثبيت ويرى بداهة أنه إذا كان القطاع في جميع طول العتب مثل القطاع الذي يقاوم للحمل الأعظم بالقرب من التثبيت فإنه يكون قويا كثيرا وشغل المعدن يكون رديئ الاستعمال وبناء على هذا المحفوظ توجهت الفكرة الى الاشكال التي تسمى بالأجسام المتساوية المقاومة التي فيها تكون الشدة الأعظم m ثابتة في جميع القطاعات العرضية ولنمثل لذلك بجذلة أمثال فنقول

المثال الأول - لنفرض قطعة مثبتة في ab قطاعها العرضي مستطيل عرضه ثابت وارتفاعه متغير والمطلوب تعيين المنحنى bcd بحيث تكون الشدة الأعظم m ثابتة في جميع القطاعات العرضية ولذلك يقال أن القطاع العرضي لحادث من المستوى cd هو مستطيل m ف k عرضه 2 هو العرض الثابت للقطعة وارتفاعه $ص$ وان هذا القطاع على بعد $س$ من



طرف العتب وهذا البعد عبارة عن ذراع القوة الخارجة من الواقعة على القطعة المفروضة وحينئذ فالشدة الأعظم m في القطاع cd المذكور تكون معينة من المعادلة

$$m = \frac{2}{3} \times \frac{ص \times س}{k}$$

وحيث أن $ص$ هو عرض قصور مستطيل بالنسبة لمحور فياوى $\frac{1}{12}$ أص وحينئذ مقدار m يؤل الى

$$m = \frac{2}{3} \times \frac{ص \times س}{12}$$

وحيث أن مقدار m هذا يلزم أن يكون ثابتا مهما كان القطاع فيوجد بين المتغيرين $ص$ و $س$ ارتباط الآتي وهو

$$m \text{ أص} = \frac{2}{3} \times \frac{ص \times س}{12} \dots (1)$$

ولكن حيث أن الكيتين $ص$ و $س$ هما احداثيات نقطة $د$ بالنسبة للمحورين المتعامدين $وا$ و $وب$ فمعادلة (1)

تدل على المنحنى السفلي للجسم المفروض ويكون قطعاً مكافئاً من الدرجة الثانية محور الافقي و $ا$

المثال الثاني - ليكن المطلوب تكوين الجسم المتساوي المقاومة بطريقة أخرى بأن يجعل للعتب ارتفاع

ثابت $هـ$ عوضاً عن $ص$ وعرض متغير $ص$ عوضاً عن $س$ وحينئذ فمعادلة (1) تتغير بالصورة الآتية

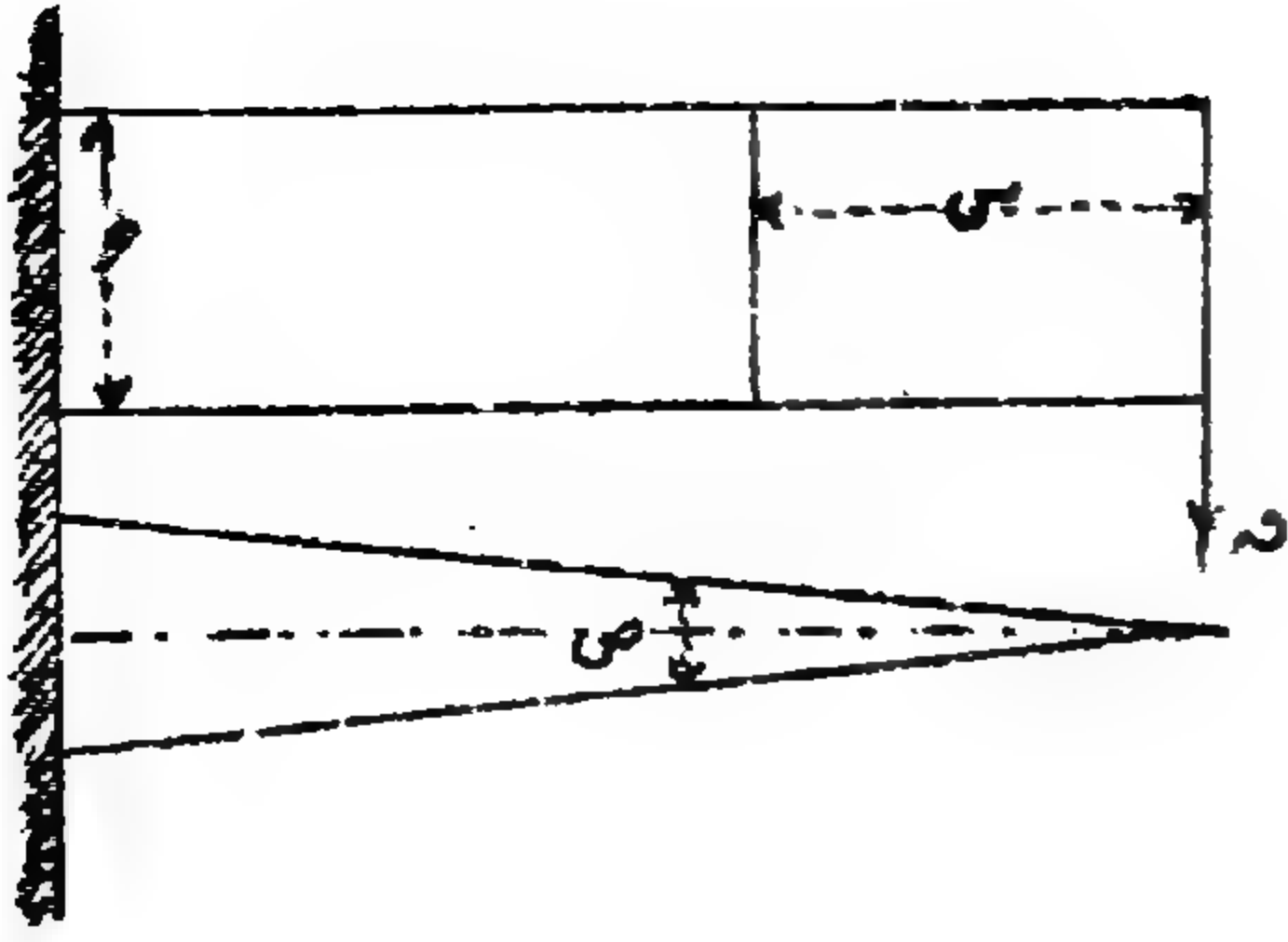
$$m \text{ ص هـ} = \frac{2}{3} \times \frac{ص \times س}{12}$$

ويرى من هذه المعادلة ان النسبة $\frac{ص}{هـ}$ تكون ثابتة أعني انه في المسقط تكون القطعة التي ارتفاعها ثابت

$$m \text{ هـ} = \frac{2}{3} \times \frac{ص \times س}{12}$$

آلية المثلث متساوي الساقين قاعدته في محل الثبوت ونقطة رأسه هي نهاية العتب

المثال الثالث - ليكن المطلوب تكوين الجسم المتساوي للمقاومة بشكل آخر بأن يجعل جميع القطاعات المستطيلية العرضية متشابهة أعني أن النسبة بين أبعادها تكون ثابتة ولذلك يقال أن معادلة



$$م ع ص = ٦ و س \dots \dots (١)$$

يجب ارتباطها بمعادلة

$$\frac{ص}{ع} = ك \dots \dots (٢)$$

الناشئة عن شرط التشابه

وبحذف ص من معادلتى (١) و (٢) يحدث

$$م ك ع = ٦ و س \dots \dots (٣)$$

وهي معادلة شكل القطعة مستوطا على الأفق ويفهم منها أن

الشكل المذكور قطع مكافئ من الدرجة الثالثة محوره خط الوسط م و للقطعة

وبحذف ع من معادلتى (١) و (٢) يحدث

$$م ص = ٦ ك و س \dots \dots (٤)$$

وهي معادلة شكل القطعة مستوطا على المستوى الرأسى ويفهم منها أنه قطع مكافئ آخر من الدرجة الثالثة

المثال الرابع - ليكن المطلوب تكوين الجسم المتساوي للمقاومة بحيث يكون تحريكه حول الأفق م و

ولذلك يقال أنه بناء على ما تقدم يكون مقدار الشدة الأعظم

في القطاع د و معينة من القانون

$$م = \frac{و ص س}{٦} \dots \dots (١)$$

وحيث أن في هذا القانون د و هو عزم قصور دائرة القطاع

العرضى بالنسبة لقطرها الأفقى وحيث أن ص هو قطر الدائرة

المذكورة فيكون مقدار عزم القصور المذكور هو

$$د و = \frac{ط}{٦} \dots \dots (٢)$$

$$م = \frac{ط \times و ٣٤}{٦} \dots \dots (٣)$$

وحيث أن م ثابت في جميع القطاعات العرضية فيتعين القطاع الجانبي للقطعة المفروضة بالمعادلة

$$ط م ص = و ٣٤ \times س$$

وهي معادلة قطع مكافئ من الدرجة الثالثة أحد د و سهل التعيين فقطة فنقطة و في العمل قد يستعاض

بخط

الخط الجانبي المذكور بمستقيمين متقاطعين وحينئذ فالسطح المتحرك المفروض يزول الى سطح مخروط ناقص بسيط

في الحالة التي تكون فيها القطعة مثبتة من أحد الطرفين ومطلقة من الطرف الآخر وشكلها متساوي المقاومة فانه مهما كانت القوة المؤثرة على القطعة المذكورة بحسب سهم الانحناء للطرف المطلق لها بناء على المعادلة العمومية لسهم الانحناء من المعادلة الآتية وهي

$$F = \frac{E I}{L^3}$$

التي فيها E رمز الارتفاع الثابت للقطاع ، L رمز طول القطعة ، I رمز لمعامل المقاومة الثابت ، و F رمز لمعامل المرونة كما تقدم

في مقاومة الاعتباب المنشورية الموضوعة بالحرة على نقطتي الارتكاز

باتباع ما أجريناه بالنسبة للقطعة المثبتة من أحد الطرفين ومحملة بثقل من الطرف الآخر في اتباع حالة القطعة الأفقية التي شكلها متماثل وموضوعة على نقطتي ارتكاز ومحملة بجمل واحد واقع في نقطة حيثما انفتت منها أو بمحملة أحوال مختلفة مع التسليم بأن محور الكمون يتحد مع المحيط المركزي للقطعة وأن الثني حاصل كما هو مبين في الشكل بحيث يكون النصف العلوي للقطعة بتمامه مضموطا والنصف



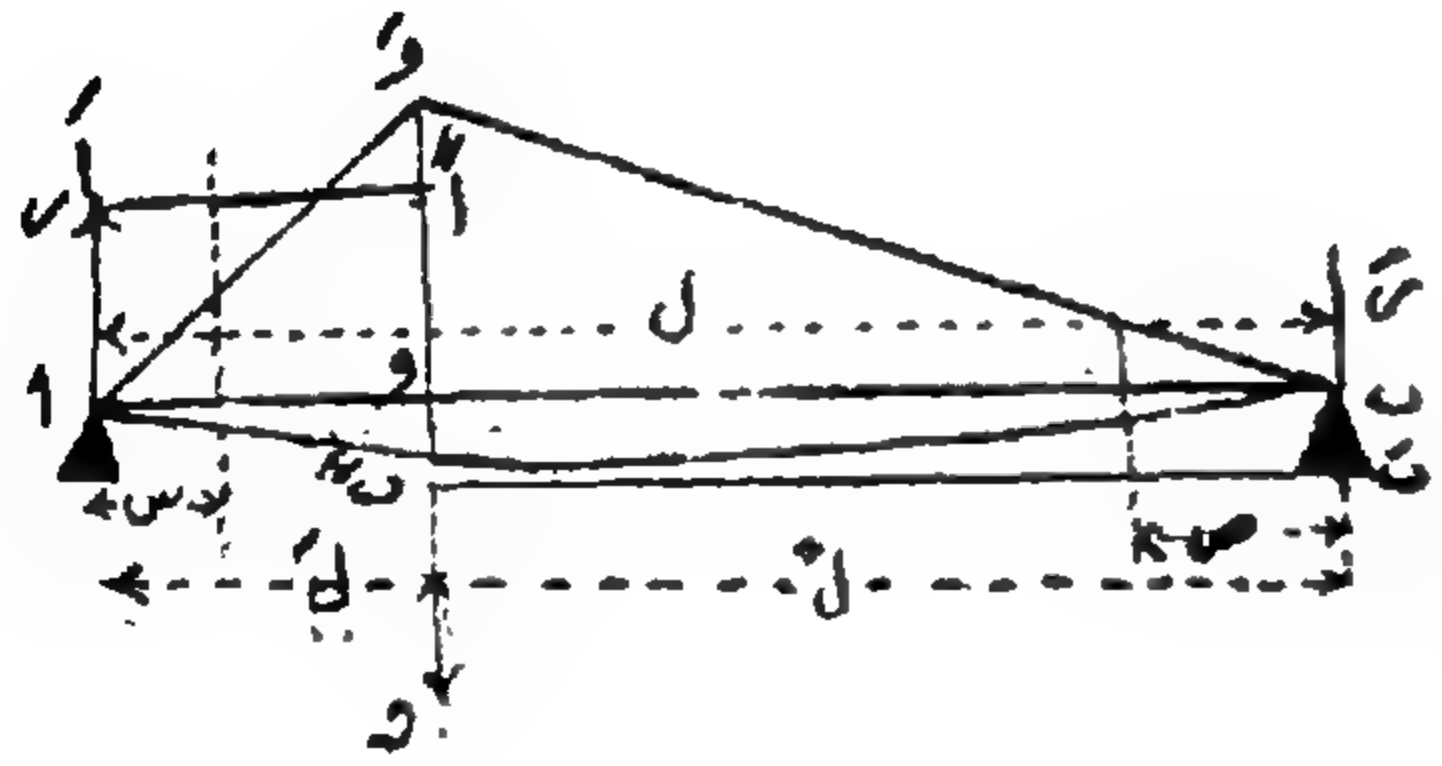
السفلي بتمامه متأثرا بالشدة يرى ان عزيم مقاومة القطاع في أي نقطة من طول القطعة المذكورة مساويا الى $\frac{F L}{4}$ الذي يلزم أن يكون مساويا لمجموع عزيم القوى الخارجية

الحالة التي يكون فيها العتب محملا بثقل أو حمل واحد واقع في نقطة حيثما انفتت منه مثل و
لحساب العتب في هذه الحالة نعين أولا مقدار كل من رد الفعلين R_1 و R_2 لنقطتي الارتكاز A و B بناء على ما تقدم في علم الميكانيكا بواسطة هاتين المعادلتين

$$R_1 = \frac{W L}{2} , R_2 = \frac{W L}{2}$$

مع ملاحظة ان رد الفعلين المذكورين يحققان المعادلة

$$R_1 + R_2 = W$$



وبقطع النظر عن نقطتي الارتكاز يرى ان العتب يمكن اعتباره متأثرا من A الى B بجمل قاطع ثابت مساو R وحينئذ يكون الخط البياني للحمل القاطع المذكور مستقيما موازيا لمحور العتب

وتباعد عنه ببعد مساو R وليكن ذلك المستقيم هو AB ولكن في نقطة تأثير القوة P ينقص الحمل القاطع المذكور دفعة واحدة بكمية P وحينئذ فيكون مستقيما من A الى B مستقيما يبتعد موازيا لمحور وتباعد عنه بمقدار $R - P$ اعني بطول $OB = R - P$

وحينئذ فالخط $ا ا ا$ $ب$ يكون هو الخط البيا في الكل للأعمال القاطعة الذي بواسطته يعلم مقدار الحمل القاطع في أي نقطة من محور العتب

وكذا إذا فرضنا بأن العتب مثبت بتأثير القوتين $و$ $و$ يرى أن عزم الانحناء $ع$ لقطاع موجود على بعد $س$ من النهاية ١ يساوي $س$ أو أن $ع = \frac{ل}{س} \times و$

وحيث أن هذا العزم مناسب للبعد $س$ فيزداد بكمية مستمرة منتظمة من المقدار صفرا إلى المقدار $س$ $ل$ من النقطة ١ إلى النقطة $و$ وحينئذ إذا أقيم من النقطة الأخيرة الرأس $و$ وأخذ عليه بمقياس اختياري مقدار مساو للحاصل $س$ $ل$ فإن الخط البيا في لعزم الانحناء المحصورة بين ١ $و$ يكون هو المستقيم $١ و$ وبالمثل عزم الانحناء قطاع موجود على بعد $س$ من النهاية $ب$ يكون مساويا إلى $س$ فمن نقطة $ب$ إلى النقطة $و$ هذا العزم يزيد بكمية مستمرة منتظمة من صفرا إلى $س$ $ل$ أعين في نقطة $و$ يكون مبينا أيضا بالأحداث الرأس $و$ وحيث أنه إذا اعتبر العتب مثبتا في هذه النقطة فإنه يحدث معادلة التوازن الآتية

$$س ل = س ل$$

وحينئذ فالخط البيا في لعزم الانحناء يكون هو الخط $١ و$ ويري من هذا الخط أن عزم الانحناء يكون دائما نهاية عظمى في نقطة تأثير القوة $و$ وحينئذ فالقطاع المقابل لها يكون هو القطاع الخطر للعتب وعلى هذا فعزم الانحناء الأعظم المقابل للقطاع المذكور يعين من المعادلة الآتية وهي

$$ع = \frac{ل}{س} \times و \dots \dots \dots (١)$$

وحينئذ فيمكن حساب قطاع العتب من المعادلة الآتية وهي

$$\frac{م}{س} = \frac{ل}{س} \times و$$

فاذا كان قطاع العتب مستطيلا ارتفاعه $هـ$ يكون

$$\frac{م}{س} = \frac{ل}{س} \times و \dots \dots \dots (٢)$$

بحيث يلاحظ دائما أن مقاومة القطاع تكون أكبر أو مساوية للحمل القاطع $أ و = س = س ل = ح$ أعني إذا فرض للقطاع بحرف $ب$ يكون

$$\frac{م}{س} = ٢$$

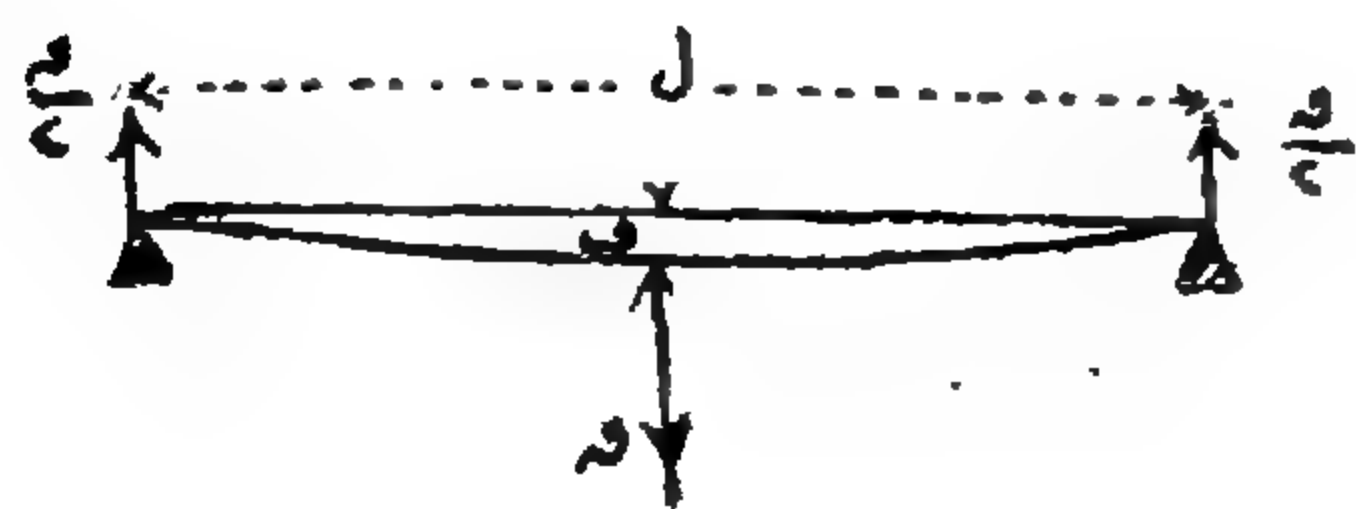
الحالة التي يكون فيها الحمل واقعا في الوسط

حيث أن طول العتب $ل$ ثابت فالنهاية العظمى لمقدار $ع$ لمعادلة (١) توجد حينئذ يكون $ل = ل$ $ع$ $ل$ وحينئذ يكون

$$ع = \frac{ل}{س} \times و = \frac{١}{٤} ل و$$

ونؤول معادلة (٢) إلى

$$\frac{م}{س} = \frac{ل}{س} \times و = \frac{١}{٤} ل و$$



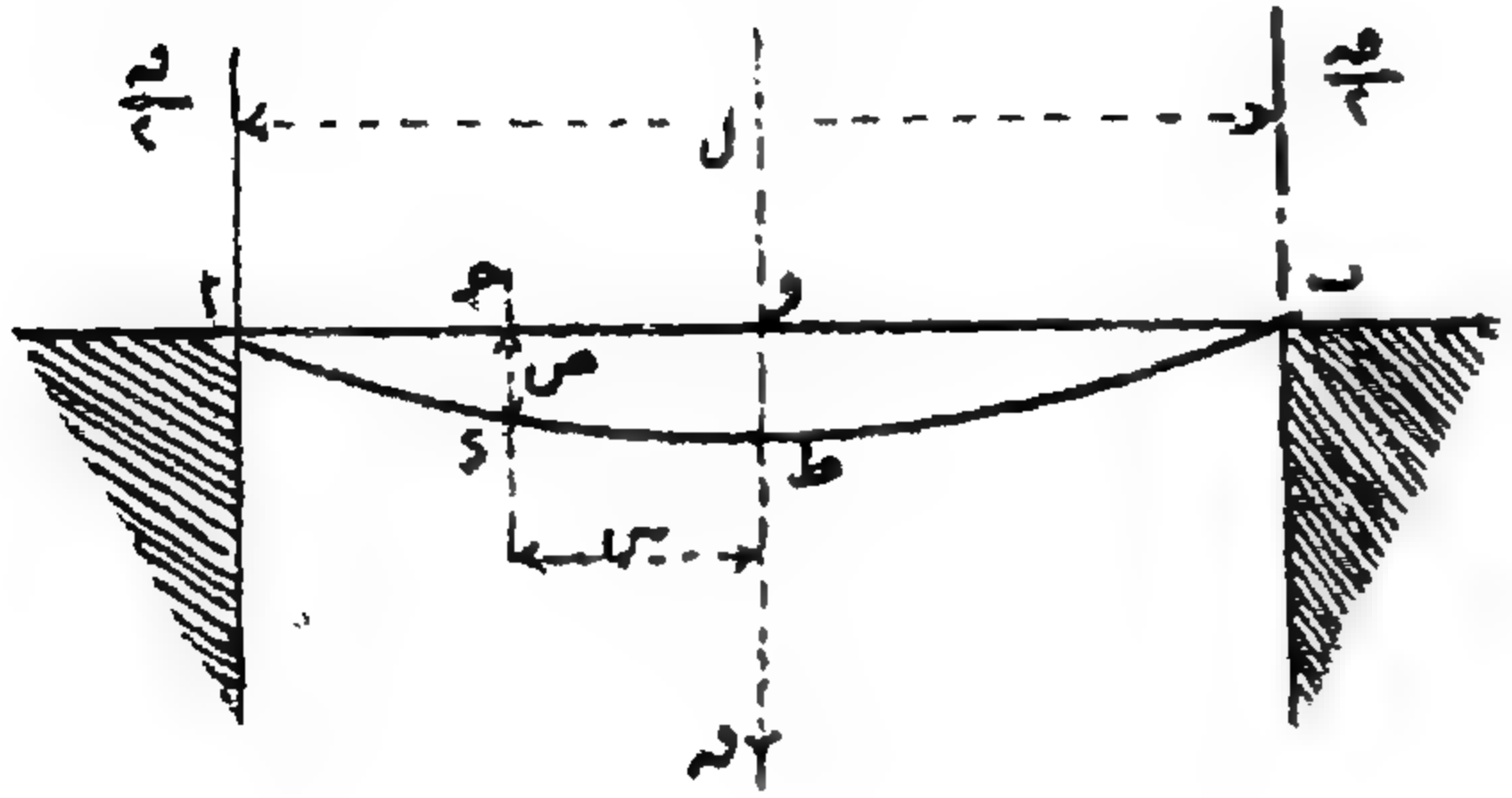
التي يجب منها أبعاد القطاع $ب$ الذي يلزم تحقيقه دائما بالحمل القاطع الذي مقداره في هذه الحالة يساوي $\frac{١}{٤} و$

وأما

وأما سهم الانحناء فإنه يجب في هذه الحالة من المعادلة الآتية وهي

$$f = \frac{wL^2}{8} = \frac{1}{4} \frac{wL^2}{2} = \frac{wL^2}{8}$$

ولأجل أن يعطى في هذه الحالة للعب شكل جسم متساوي المقاومة بشرط أن يكون وجهه العلوي أفقياً وشكل القطاع متظماً بحيث يكون عرضه ثابتاً ٢ وارتفاعه متغيراً من عوضاً عن هـ يؤخذ قطاع حـ على بعد س من الرأسى وهـ. وحينئذ فمعادلة التوازن تؤول الى



$$\frac{wL^2}{8} = \frac{1}{4} \frac{wL^2}{2} = \frac{wL^2}{8} \quad \text{أو}$$

$$\frac{wL^2}{8} = \frac{1}{4} \frac{wL^2}{2} = \frac{wL^2}{8}$$

وحيث أن عرض القصور $\frac{1}{4} \frac{wL^2}{2}$ فالمعادلة تؤول الى

$$\frac{wL^2}{8} = \frac{1}{4} \frac{wL^2}{2}$$

وحيث شكل العب من أسفل يكون قطعاً مكافئاً من الدرجة الثانية

٢ ط ب وقد يمكن البحث عن الاشكال الأخرى المتساوية المقاومة كما أجرينا ذلك في القطعة المثبتة من أحد طرفيها الحالة التي يكون فيها العب محملاً بجملته أحمال في آن واحد

إذا كان العب محملاً بجملته أحمال مثل هـ ك ما ح ا... الخ مؤثرة في آن واحد في جملة نقط معينة من محور ببتدأ بتعيين مقدارى ردى الفعل س ر ل نقطى الارتكاز بواسطة الارتباطات العمومية للتوازن وهي

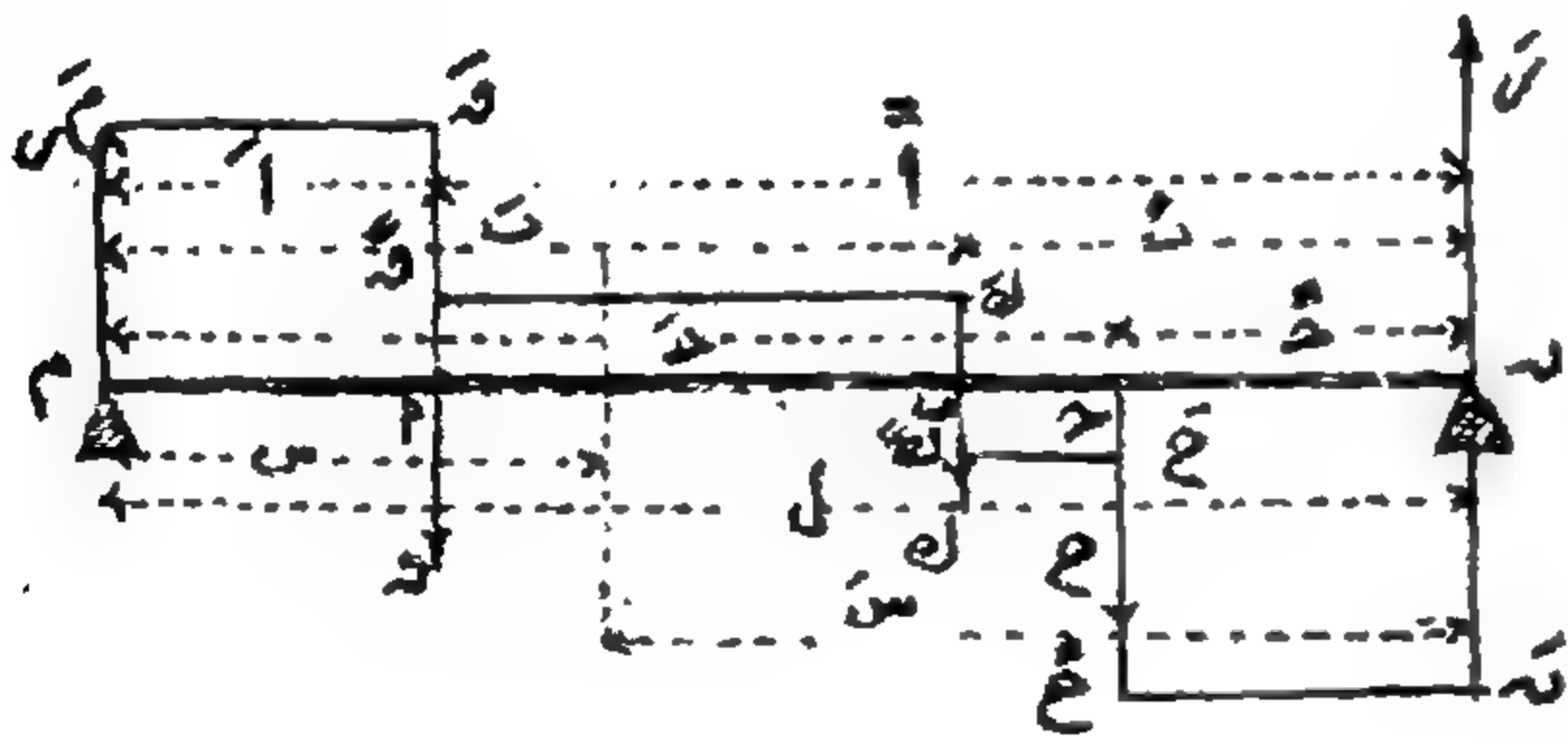
$$R_L = H_A + K + C + H + \dots + A$$

$$R_R = H_A + K + C + H + \dots + A$$

$$R_L + R_R = H + K + C + H + \dots + A$$

ومتى صار تعيين ردى الفعل فانه يتعين الخط البياني للأحمال القاطعة مباشرة

وحيث من النقطة م الى ٢ يكون الخط البياني للأحمال القاطعة مبيناً بالمستقيم م قه الموازى لمحور العب والمتباعد عنه بمقدار س ومن قه هذا



الخط ينقص دفعة بالكمية قه قه المساوية الى هـ ويكون مبيناً حينئذ من ٢ الى د بالموازى الى المحور قه كه وهكذا

وأما من جهة عزز الانحناء لقطاع موجود على بعد س

من النهاية ٢ فإنه يكون مبيناً بالمعادلة

$$E = H - (S - M) = (M - S) + H$$

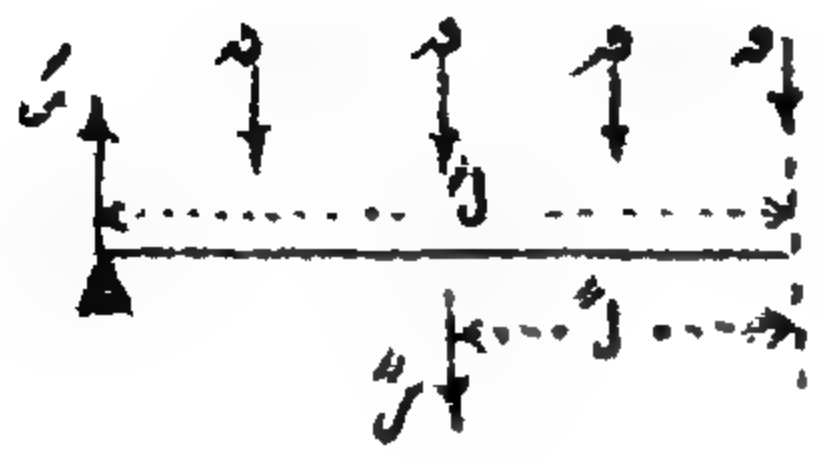
ويرى من هذا القانون انه فيما بين نقطتين متتبعيتين من تأثير الأحمال يكون الخط البياني لعزم الانحناء مبيناً

بمستقيم ميله يتعلق بوضع النقطتين المذكورتين

وحيث يمكن لرسم الخط البياني التام لعزم الانحناء أن يعين مقدار العزم المذكور في كل نقطة من نقط تأثير الأحمال

الموجودة في الجهة الأخرى من المحور المذكور
الحالة التي يكون فيها العتب محملاً بأحمال موزعة
بالتساوي

حيث أن في هذه الحالة تكون الأحمال المتساوية w متباعدة بالتساوي عن بعضها وعن نهايتي المنشور
فعمز الاختنا يكون نهاية عظمى في وسط المنشور ومقداره العمومي يكون



$$ع = \bar{x} - \bar{x}' = \bar{x}$$

بالرمز \bar{x} لرّد فعل نقطة الارتكاز ، \bar{x}' لذراع رافته ، \bar{x} للحمل الواقع
في نصف العتب ، \bar{x}' لذراع رافته

ثم نفرض أن طول العتب بين نقطتي ارتكازه هو l وأن w هو عدد الأثقال w فإذا كان w فردياً يكون

$$\bar{x} = \frac{1}{2} l , \quad \bar{x}' = \frac{1}{2} l (1 - \frac{1}{2}) = \frac{1}{4} l$$

$$\bar{x} = \frac{1}{2} l , \quad \bar{x}' = \frac{1}{4} l$$

وبإدخال هذه المقادير في المعادلة العمومية السابقة يحدث

$$ع = \frac{1}{8} (1 + \frac{1}{2}) = \frac{3}{16} l$$

والنسبة بين هذا العزم وبين العزم الناشئ عن الحمل الكلي w هو الموضوع في وسط المنشور هي

$$\frac{1}{8} \frac{1 + \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}}$$

فإذا كان w زوجياً يكون

$$\bar{x} = \frac{1}{2} l , \quad \bar{x}' = \frac{1}{2} l - \frac{1}{2} l = 0 \quad \text{أو}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{2} l , \quad \bar{x}' = \frac{1}{2} l (1 - \frac{1}{2}) = \frac{1}{4} l$$

$$ع = \frac{1}{8} (1 + \frac{1}{2}) = \frac{3}{16} l$$

ومقدار النسبة المشابهة للنسبة السابقة يكون

$$\frac{1}{8} \frac{1 + \frac{1}{2}}{1 + \frac{1}{2}}$$

الحالة التي يكون فيها الحمل موزعاً بانتظام على

طول العتب أو المنشور

إذا رمز لطول المنشور بحرف l وكانت w هو الحمل بالكيلوجرام الواقع على المنشور في وحدة الطول

فالحمل الكلي يكون $w \cdot l$ ويتوزع بالتساوي على كل من نقطتي الارتكاز وحينئذ فالمقدار المشترك

لردي فعل كل منهما يكون $\bar{x} = \frac{1}{2} l = \bar{x}' = \frac{1}{2} l$

وعلى هذا فالحمل القاطع H لقطاع موجود على بعد \bar{x} من إحدى نهايتي المنشور يعلم من المعادلة الآتية

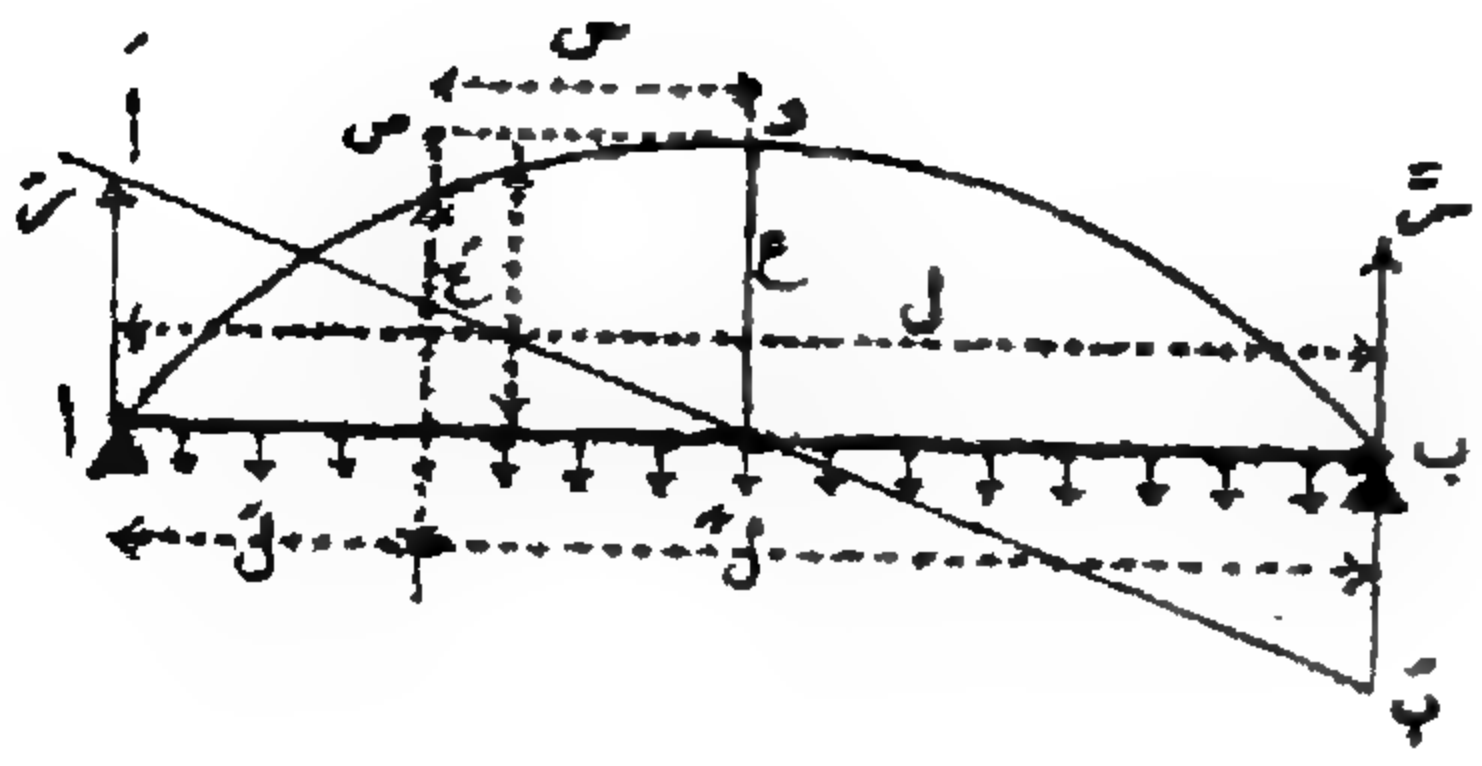
$$H = \bar{x} - \bar{x}' = \bar{x} - \bar{x} = 0 \quad \text{أو}$$

$$H = \frac{w}{2} (\bar{x} - \bar{x}) = 0$$

وهي

وحيث

وحينئذ فالخط البياني للأحمال المقاطعة يكون مبينا بالمستقيم آت الذي يقابل المحور الأفقي للمنشور في منتصفه وفي هذه النقطة الأخيرة يكون المحل المقاطع معدوما



وأما عزم الانحناء لقطاع موجود على بعد ل من إحدى النهايتين فيساوى عزم رد الفعل س مطروحا منه عزم الحمل قه في الموزع على الطول ل الذي محصلته تمر بوسط الطول المذكور. وحينئذ إذا رمز للعزم المذكور بحرف ع يكون

$$ع = س \cdot ل - قه \cdot ل \times \frac{ل}{٢} \quad \text{أو}$$

$$ع = \frac{قه \cdot ل}{٢} (ل - ل) = \frac{قه \cdot ل}{٢} \cdot ل = \frac{قه \cdot ل^2}{٢}$$

وحيث أن عزم الانحناء يصل نهايته العظمى في وسط المنشور فإذا رمزنا بالوزع ع للعزم الأعظم المذكور يحدث

$$ع = \frac{قه \cdot ل}{٢} = \frac{قه \cdot ل^2}{٨}$$

وبمقارنة هذه المقادير بالمقادير المتقابلة لها في الحالة التي يكون فيها الحمل وحيدا يرى أن عزم انحناء قطاع حيثما انفق منسوب الحمل موزع بانتظام ليس الا نصف عزم الانحناء المنسوب للحمل عينه الواقع بتمامه في القطاع المذكور

وفي هذه الحالة لخط البياني لعزم الانحناء يكون مبينا بمنحنى منته بنهايتي المنشور والأحداثي الرأسى الأعظم للمحنى المذكور هو المقابل للقطاع المتوسط وإذا نسبنا المنحنى المذكور لنهاية وللأحداثي الرأسى السابق ذكره يحدث

$$ص = ع - ع = \frac{قه \cdot ل}{٢} - \frac{قه \cdot ل}{٢} = \frac{قه \cdot ل}{٢} (١ - ١) = ٠$$

أو $ص = \frac{قه \cdot ل}{٢} - \frac{قه \cdot ل}{٢} = ٠$ وهي معادلة قطع مكافئ منسوب لرأسه

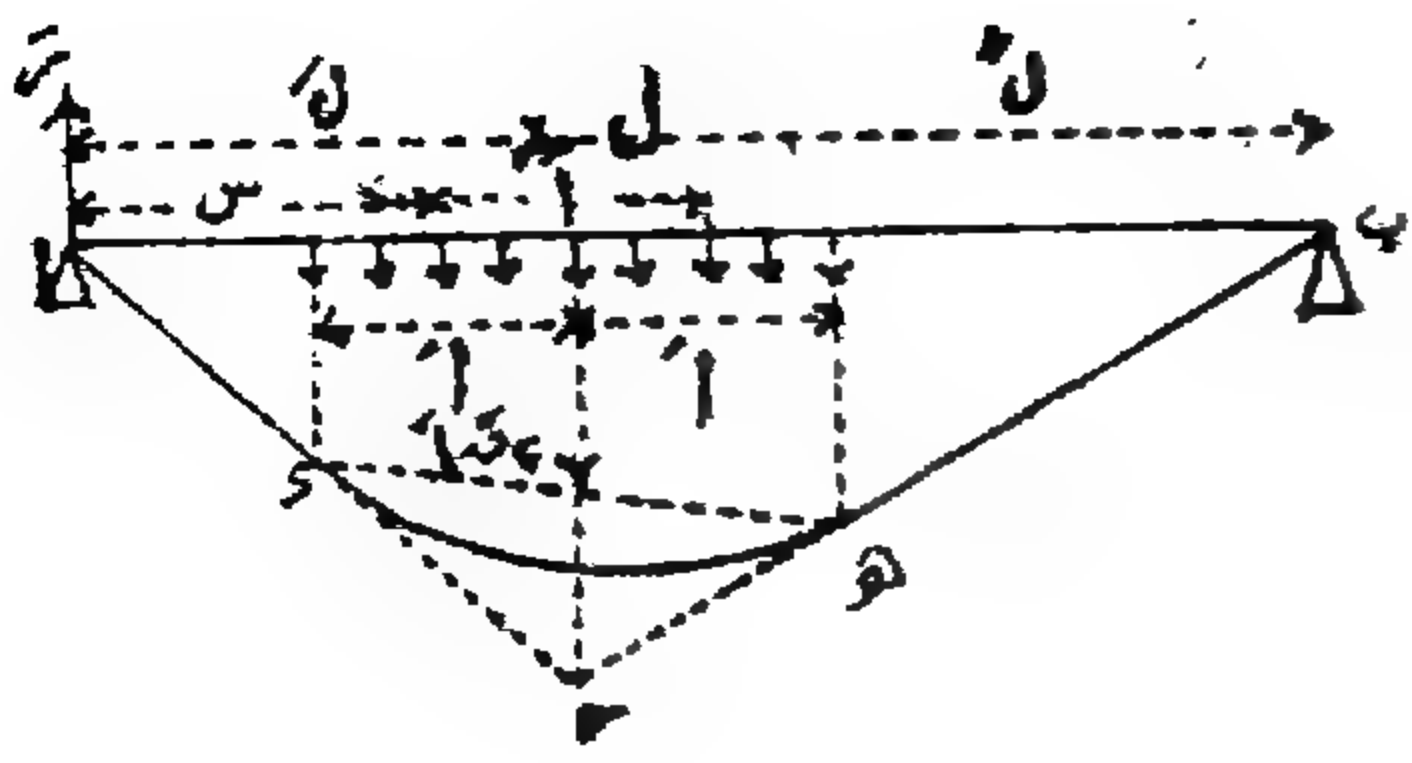
وأما سهم الانحناء فيعين مقداره من المعادلة الآتية وهي

$$ن = \frac{٥}{٣٨٤} \times \frac{قه \cdot ل^4}{٢} = \frac{٥}{٣٨٤} \times \frac{قه \cdot ل^4}{٢}$$

الحالة التي يكون فيها الحمل موزعا بانتظام على جزء من طول المنشور

إذا فرض أن المنشور الذي طوله ل محمل في جزء منه ع آ بجمل موزع بانتظام بحيث يكون الحمل بالنسبة للوحدة الطولية قدره قه فبناء على ما تقدم يعين الخط البياني للعزم احب المنسوب للحصيلة ع قه آ المارة بمنتصف الطول ع آ

وحينئذ فالجزآن ا و ب هـ من الخط المذكور المحصوران بين نقطتي الارتكاز وبين الرأسين



المارين بنهايتي الطول المفروض يكونان من الخط البياض المطلوب
ولتكميل الخط المذكور تعين العزم المنسوبه لتأثير الحمل الموزع
بانظام على المنشور في الطول ، آ بفرض أنه مركز بنهايتيه
على حاملين مع نسبة هذه العزم للمستقيم ، وحينئذ فيحصل
على الخط البياض التام لعزم الانحناء وهو اء ه ب

ولنجث الآن عن مقدار العزم الأعظم بالحساب ولذلك نر من
بالرمز ل ، ل لبعدي منتصف الجزء ، آ عن نقطتي الارتكاز وحينئذ اذا رمزنا لرد فعل نقطة الارتكاز
بجرف س فان العزم بالنسبة لقطاع متباعد عن نقطة الارتكاز المذكورة بمقدار س يكون مبينا بالمعادلة
ع = س - س (س + آ - ل)

وحيث ان رد الفعل س يمكن تعيينه من المعادلة س ل = ق آ ل فبوضع مقداره المستخرج من
هذه المعادلة بدلا عنه في المعادلة السابقة مع حذف الكمية (ل - آ) اللازم طرحها يحدث
ع = س (س + آ - ل) - س (ل - آ) س
وحيث ان حاصل جمع المعاملات المتعلقة بالمتغير س ثابت فان النهاية العظمى للعزم ع تقابل مقدار
من المستخرج من المعادلة الآتية

$$س = س + آ - ل - س (ل - آ) س \quad \text{ومنها يحدث}$$

$$س = آ + ل - س (ل - آ)$$

وبوضع هذا المقدار في معادلة العزم السابقة يكون
ع = س (س + آ - ل) - س (ل - آ) س
ويقتضى ان يكون عزم مقاومة القطاع وهو $\frac{م}{و}$ مساويا لمقدار ع ويحدث
 $\frac{م}{و} = س (س + آ - ل) - س (ل - آ) س$
ومن هذه المعادلة تستخرج ابعاد القطاع

الحمل لقاطع - لايجاد معادلة لحمل القاطع يقال أن
ح = س - س (س + آ - ل) أو
ح = س - س (س - ل) آ وهي المعادلة المطلوبة

الحالة التي تكون فيها أحوال متدرجة فوق العتب

الحالة التي يكون فيها الحمل وجيدا

متحرك حمل وجيه و ذو مقدار ثابت من احدى نهايتي المنشور الى النهاية الأخرى فأنه يحدث بالنسبة
لوضع حيثما اتفق و عزم لحناء أعظم ع مقداره

$$ع = \frac{ق}{ل} \times ل = ق$$

وبالنسبة لوضع آخر و للحمل المذكور فإن عزم القطاع و يكون مينا بالمعادلة

$$ع = \frac{ق}{ل} \times ل \times ل = ق \times ل$$

أعني أن العزم الأعظم لكل قطاع يقابل الحالة التي فيها يكون الحمل المتحرك موجودا في القطاع المذكور
وحينئذ فيقتضى اعتبار هذه العزم دون غيرها

وينتج من ذلك بناء على ما تقدم خاصية شهيرة جدا مخصوصة لكل حمل متحرك وهي أن التأثير بالنسبة للأخناو
الناشئ عنه حمل متحرك من نهاية إلى أخرى المنشور مركز على نقطتي ارتكاز هو عين التأثير الناتج من حمل صنف
الحمل المذكور بحيث يكون موزعا بانتظام على طول المنشور بتمامه

وتعني معادلة المعنى البيا في للعزم يجعل نقطة ح نقطة أصل

الأحداثيات بالمعادلة

$$ص = ع - ع = \frac{ق}{ل} - \frac{ق}{ل} = \frac{ق}{ل} (س + \frac{ل}{ل}) (س - \frac{ل}{ل})$$

ومنها يحد ث

$$ص = \frac{ق}{ل} س$$

وهي معادلة قطع مكافئ منسوب لرأسه

وأما مقدار الحمل القاطع الذي يكافئ قطاع مثل و بتأثير الحمل و فإنه يتعين من المعادلة

$$ح = \frac{ق}{ل} = \frac{ق}{ل} (س - \frac{ل}{ل}) = \frac{ق}{ل} (س - \frac{ل}{ل}) + \frac{ق}{ل}$$

ويرى من ذلك أن الحمل القاطع يتغير من إحدى النهايتين إلى منتصف العب بكيفية منتظمة من و إلى و

وحينئذ يكون الخط البيا في للحمل القاطع المذكور مينا بالخط آ ه ت

ويرى من المعادلة الأخيرة أيضا أنه في حالة تأثير الحمل المتدرج يكون الحمل القاطع هو عين حاصل جمع

التأثيرات الناشئة عن الحمل عينه الذي يكون في آن واحد موزعا بانتظام على طول العب بتمامه

ومؤثرا في وسطه

ومضى تحرك حمل على منشور متأثر من قبل بعدة أحوال معينة فأن التأثيرات الناشئة من الحمل المتحرك تنضم على

التأثيرات الناشئة من الأحوال الأصلية وحينئذ في الحالة الخصوصية التي فيها يكون الحمل متحركا على منشور

حمل من قبل بانتظام يكون الخط البيا في التام لعزم الاخناء منخيا مكافئاً أحد أحداثياته الرأسية لحيثما

اتفق يكون مساويا لحاصل جمع الاحداثيتين الرأسيتين المتقابلين له من الخطين المكافئين اللذين احدهما يدل

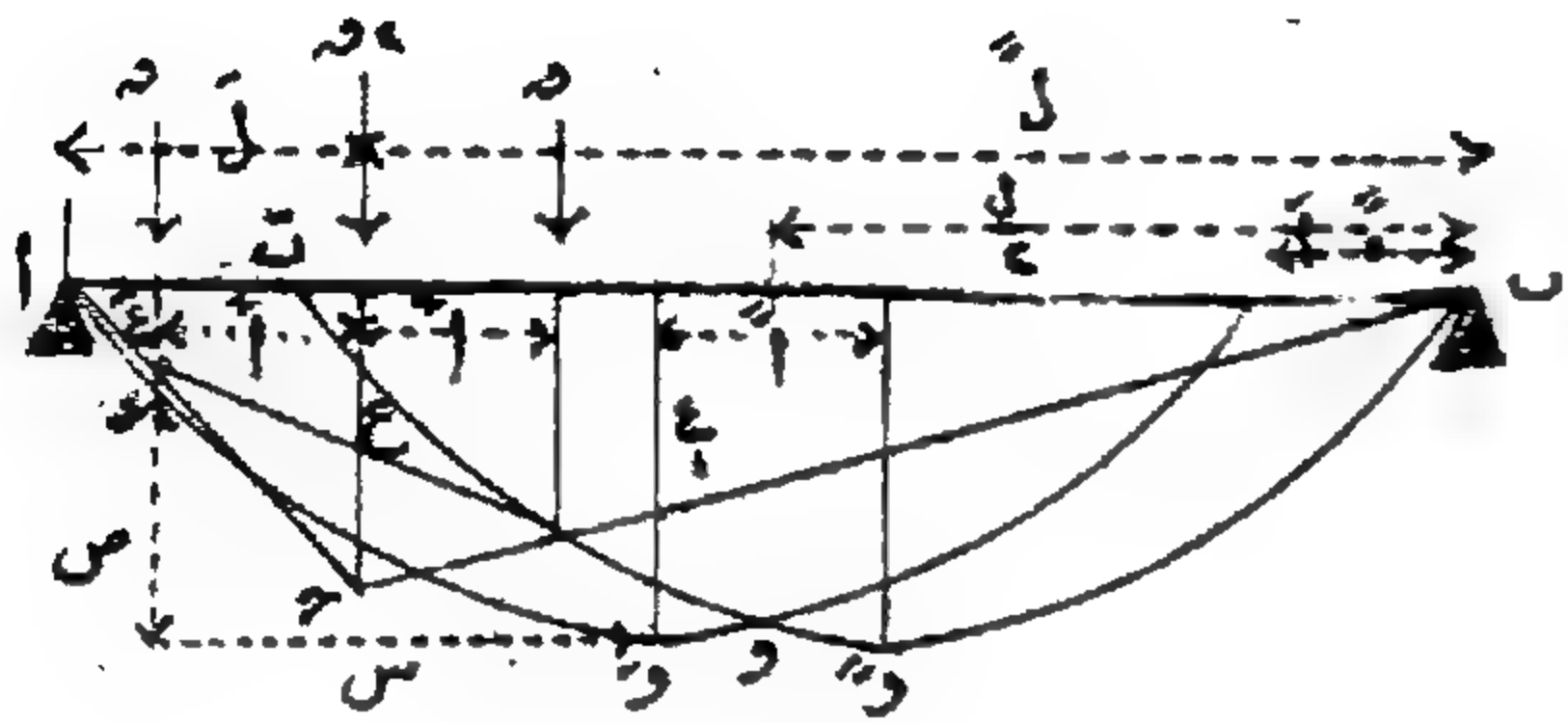
على المحنى البيا في للعزم المنسوب للحمل المتدرج والاخر يدل على المحنى البيا في للعزم المنسوب للحمل الموزع

بانتظام

الحالة التي يكون فيها الحمل المتدرج متجزأ

قد يتأني كثيرا ان الحمل المتدرج يكون متجزأ بمعنى ان يكون موزعا على حسب نسب معلومة على جملة فقط

ابعادها النسبية ثابتة
ولنعتبر الحالة الأبسط ما يكون التي يكون فيها الحمل الذي قدره e موزعا بالتساوي على نقطتين متباعدتين
عن بعضها بمقدار مساوي a
ولنفرض ان عزم الانحناء الأعظم المنسوب لتأثير حمل قدره e واقع في نقطة متباعدة عن النهاية
٢ بالمقدار l هو ع



فإذا فرض ان الحمل المذكور ينقسم كما ذكرنا في النقطتين
المعتبرتين فإن الخط البياني لعزم الانحناء ع النسبة
لهذا الحمل المنقسم يكون مبينا بالخط ae
وحينئذ لتعين عزم الانحناء ع المنسوب الى الحمل الأول
وه مثلا نوضع المعادلتان الآتيتان

$$\frac{e}{l} = \frac{e}{l} \quad \text{و منها يحدث}$$

وهذا العزم يكون نهاية عظمى في النقطة التي يكون فيها $l = a$ أعني في النقطة التي فيها
 $l = \frac{1}{2}(a + l)$

وبوضع هذا المقدار في المعادلة السابقة يحدث

$$e = \frac{e}{l} (a + l)$$

فإذا سبنا الخط البياني للعزم المنسوب للحمل الأول وه للنهاية و وللأحدا في الرأس ع فإنه يحدث

$$v = e - \frac{e}{l} (a + l) = \frac{e}{l} [l - (a + l)] = \frac{e}{l} (l - a - l) = \frac{e}{l} (-a) = -\frac{ea}{l}$$

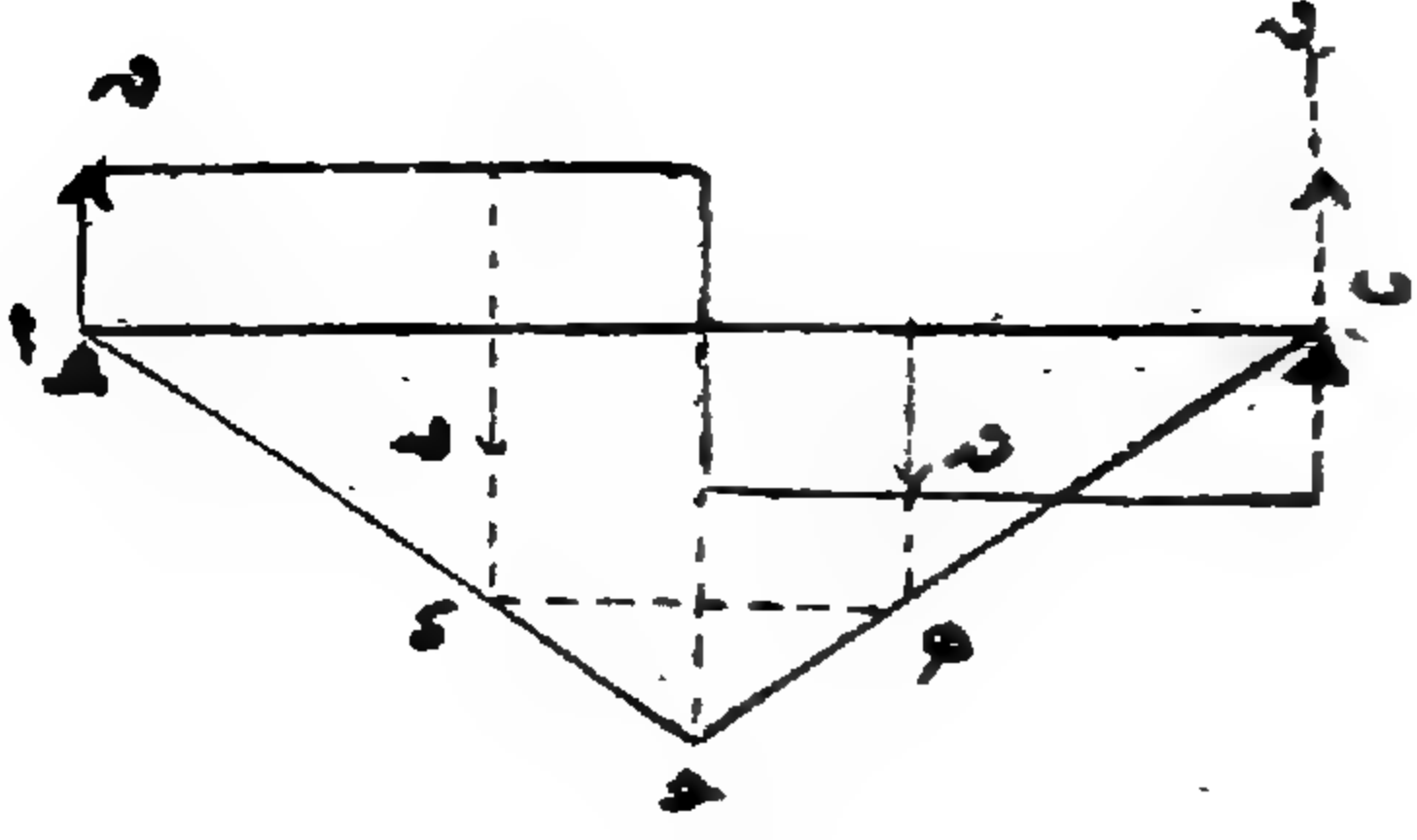
فإذا وضع عوضا عن l مقدارها المقابل لها وهو $\frac{1}{2}(a + l)$ - س وأجرى التحليل والاختصار يحدث
 $v = \frac{ea}{l}$

وهي معادلة قطع مكافئ منسوب لرأسه و حينئذ فالخط البياني للعزم المنسوب للحمل الأول وه يكون
مبينا بالخطي المكافئ a و l وبمثل بسبب التماثل يكون لخط البياني للحمل الثاني وه هو القطع المكافئ b و
ويستتبع من ذلك ان لخط البياني لعزم الانحناء الأعظم للحمل المنقسم المفروض يكون مبينا بالخط a و b
الحالة التي تكون فيها الأحوال المتدرجة متماثلة الوضع

بالنسبة لنقطتي الارتكاز

لفرض ايضا الحالة التي يكون فيها حملان متساويان متركين في جهتين مختلفتين بحيث يوجدان على الدوام
متباعدتين بالتساوي من نهايتي المنشور وحيث ان محصلة الأحوال تمر في هذه الحالة على الدوام بنصف
المنشور فإذا رسمنا الخط البياني للعزم ae المنسوب للمحصلة المذكورة فإن الخط البياني الذي
يعين لتقل وه عزمها حيث ما اتفق يكون هو ae الذي جزأه a و b متحددان مع الخط

البياني

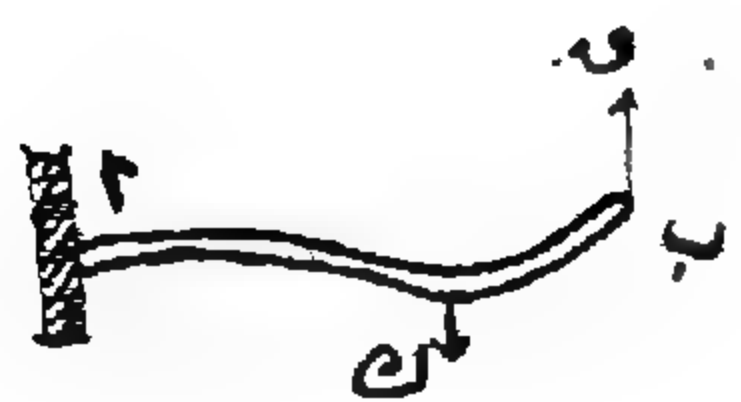


البياني السابق وحينئذ فالخط البياني التام للعضو المنسوب
للأحمال للتدرج يكون هو abc
وأما من جهة الخط البياني التام للقوة القاطعة فمن السهل
معرفة أنه هو عين الخط البياني المحدد لمحصلة الأحمال
وبالجملة فإنه يشاهد أن التأثير الكلي المتحصل من تدرج حملين
متماثلين هو عين التأثير الكلي الناتج من توقيع الحمل بتمامه
في وسط المنشور

في الانثناء المركب للأعتاب المثبتة مقدمة

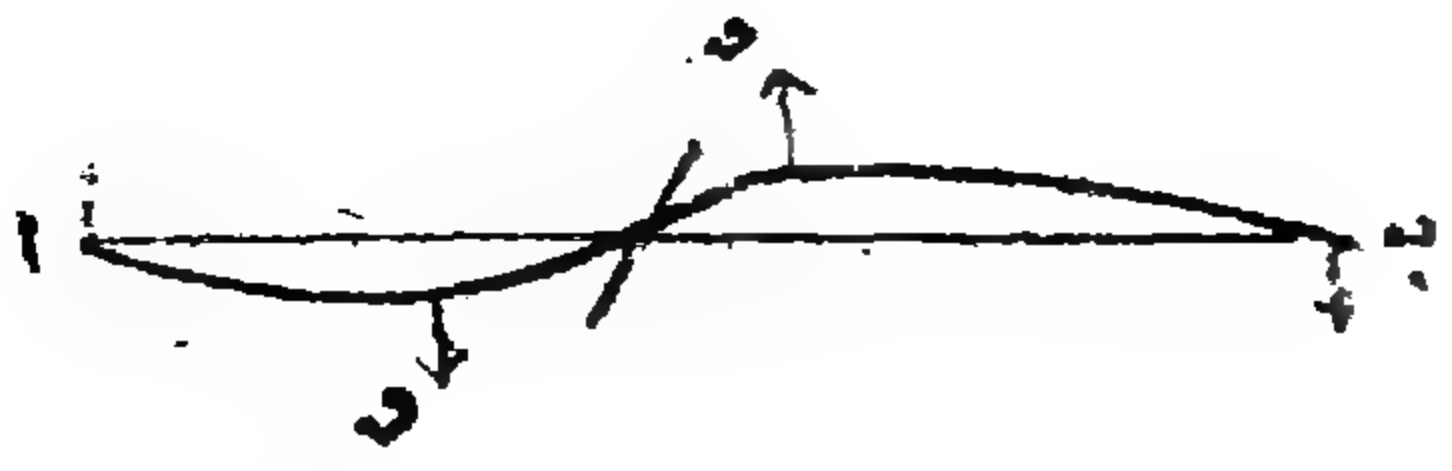
العب أو المنشور يكون متأثراً بانثناء مركب متى كانت القوى المحدث له الانثناء بجهة بكنية بحيث أن
انحناءه يحصل له تغيير في الجهة من القعر إلى القعر بحسب اتجاه معلوم والنقطة التي فيها يحصل تغيير جهة
الانحناء تسمى نقطة الانقلاب ولا يحصل فيها أدنى انحناء
ثم إن عزم الانحناء الموجودة في إحدى جهتي نقطة الانقلاب تكون مغايرة في الإشارة لعزم الانحناء
الموجودة في الجهة الأخرى منها أعني أن الخيوط تكون مستقيمة في إحدى جهتي النقطة المذكورة ومنكسرة
في الجهة الأخرى منها وبالعكس
وينتج من ذلك أمر مهم جداً في المنشآت وهي أن الأشكال ذات المقاومة الأعظم ما يمكن لا توافق
الأعتاب المتأثرة بانحناء مركب والانثناء المركب هو مثل الحالة العمومية للأعتاب المثبتة أو موضوعة
على أكثر من نقطتي ارتكاز مثل حالة العمدان والأقواس
وعلى العموم يحصل انثناء مركب متى كان العب متأثراً بثلاث قوى متتابعة مختلفة الاتجاهات على التوالي
أو متى كان بالابتداء من نقطة التثبيت الحقيقية أو الوهمية جزء من المنشور أو العب متأثراً على الأقل
بقوتين مختلفتي الاتجاه

وهذا يمكن حصوله من القوى الحقيقية أو من ردود أفعال نقط الارتكاز أو النقط الثابتة
وحيث أن المنشور ثابت في نقطة ١ والمتأثر بالقوتين ٢ و ٣ فإن المختلفتي



الاتجاه يحصل له انثناء مركب أعني أن انحناءه يمكن أن يعتبر جهته
وهناك أيضاً حالتان بسيطتين جداً من هذا القبيل فيمكن بالسهولة تعيين
شروط المقاومة

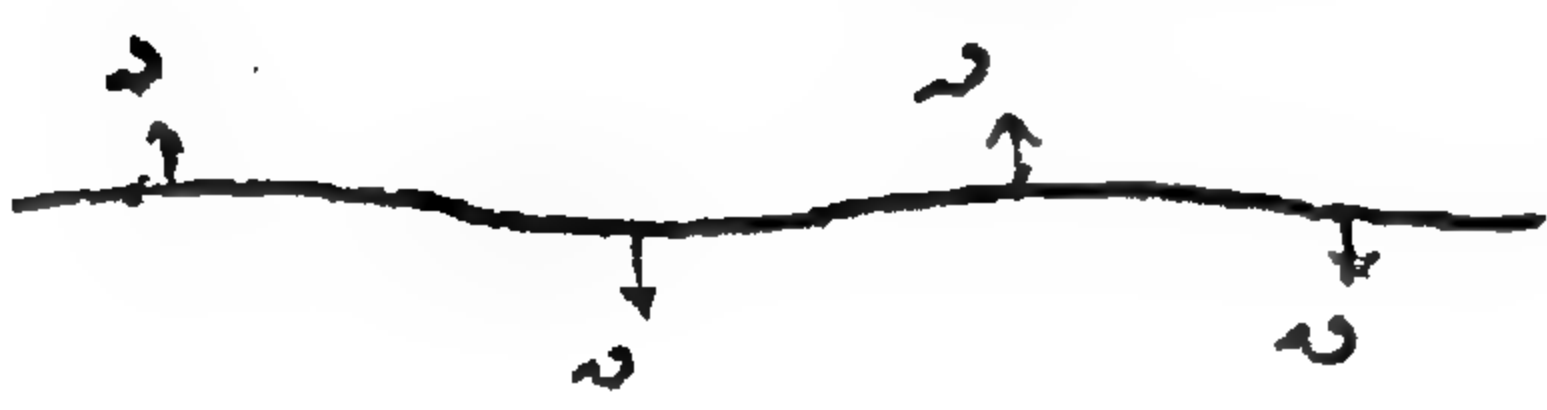
ولنفرض منشور ab موضوعاً في الأصل أفقياً بحيث تكون نهايتاه مجورتين
على البقاء على المحور الأصلي ثم نفرض أنه متأثراً في نقطتين متباعدتين على التساوي من النهايتين بقوتين



رأسيين متساويين ومختلفتي الجهة
فيرى بالسهولة أنه بتأثير هاتين القوتين يحصل المنشور
انحناءً مختلفان وأنه بسبب التماثل فإن تغير الانحناء

يحصل في وسط المنشور على بعدين متساويين من القوتين الخارجيتين وحينئذ فالمنشور لا يحصل له انحناء
في وسطه قط وبعبارة أخرى يكون وسط المنشور نقطة انقلاب المنحنى الحاصل بتأثير القوتين المذكورتين
أي نقطة لا يحصل فيها قط انثناء للمنشور

وحينئذ إذا فرض قطع المنشور المذكور في هذه النقطة بمستوى مائل ميل مناسب فإنه نظرياً لا يحصل
اختلال التوازن وأن كلا من المنشورين المحصلين حينئذ يحرث للآخر نقطة ارتكاز



ولنفرض الآن منشوراً طوله غير محدود متأثراً في نقط متباعدة
عن بعضها بالتساوي بجملة قوى انثناء خارجية متساوية ومختلفة
الانحناء على التوالي فنسب التماثل يحصل بداهة للمنشور انقلاب

في كل نقطة من طوله موجودة على بعدين متساويين من نقطة تأثير قوتين متباعتين
ويستنتج من ذلك بالسهولة أن العتب أو المنشور المثبت أفقياً من نهايتيه والواقع عليه في وسطه حمل وحيد
حينئذ لا يتفق لا يحصل له أدنى انحناء في ربع طوله بالابتداء من قطاعي التثبيت
وما ذكرناه من الأمثلة يستعمل مبدأ لدراسة متسعة من الانحناء المركب لكن النتائج المتحصلة حينئذ تكون
طبعاً غير تامة على الدوام وتمتضي أيضاً اتخاذ الطريقة الأكثر عملية الشهيرة جداً المعروفة باسم سعة العزم
التي تذكر قواعدها الأساسية فنقول —

القواعد الأساسية لسعة العزم

تعريف — نسمي سعة عزم بين نقطتين من عتب أو منشور منش السعة المحصورة بين خطي الاحداثيات
الأفقية وبين الاحداثيتين الرأسيتين المتطرفين وبين الخط البياقي لعزم الانحناء فيما بين النقطتين
المفروضتين

وليس خط من المنحنى الحادث لمحور المنشور المنثنى الذي كان في الأصل مستقيماً
النظرية الأولى — سعة العزم بين نقطتين يتعين بواسطتها الميل الحاصل بين المماسين في
النقطتين المذكورتين للمنحنى المرن



لأنه إذا فرض أن ab جزء من منشور منحنى واعتبرنا ac كما اجرينا ذلك في
دراسة الانحناء البسيط) دوران الأجزاء المتتابعة لـ $a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z$ الخ
لمحور ورمزنا للزوايا الواقعة بين هذه الأجزاء الدائرة وبين بعضها على
التوالي بالرموز $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$ الخ واعتبرنا أيضاً الدوران السابق
ذكره فإنه يمكن وضع المعادلات الآتية مع مراعاة صفة التقيرات الحاصلة في الشكل وهي

$$\frac{1}{2} \times \frac{5}{5} = 5 = 5$$

ع_١ = مَ ذ ، ع_٢ = مَ ذ (ذ = $\frac{4}{5}$ = معدل الإخفاء)

ولكن حاصل جمع العزم Σ هو بالضبط عين السعة المحددة بالخط البياني
لهذه العزم فينشد اذاً أرضنا للسعة المذكورة بالرمز π فإنه يحدث

النظرية الثانية - عزز سعة العزم بين نقطتين بالنسبة لأحدهما يتعين بواسطة مقدار المسافة الرأسية الكائنة بين هذه النقطة من المحور وبين

الماس لخصي المرن المار بالنقطة الثانية وبعبارة أخرى يتعين بواسطة العزم المذكور اسهم الرأسى للنقطة الأولى بالنسبة لاتجاه التثبيت الحقيقي أو التصوري للنقطة الثانية

لأنه حيث أن السهم المذكور عبارة عن حاصل جمع جميع الاستقالات \therefore فيكون

ولكن مح ع ل عبارة عن حاصل جمع عزم العناصر السطحية ع السعة هـ بالنسبة لنقطة ب
وحيث ان حاصل جمع هذه العزم يساوى عزم السعة المذكورة بمعنى انه يساوى حاصل ضرب السعة
هـ في البعد هـ لمركز ثقلها عن النقطة ب فيكون

(تلميح) في الحالة التي يكون فيها المماس في نقطة ٢ أفقيا فإن $\frac{d}{dx}$ على سهم الأضلاع الحقيقي
لنقطة ب بالنسبة لنقطة ٢

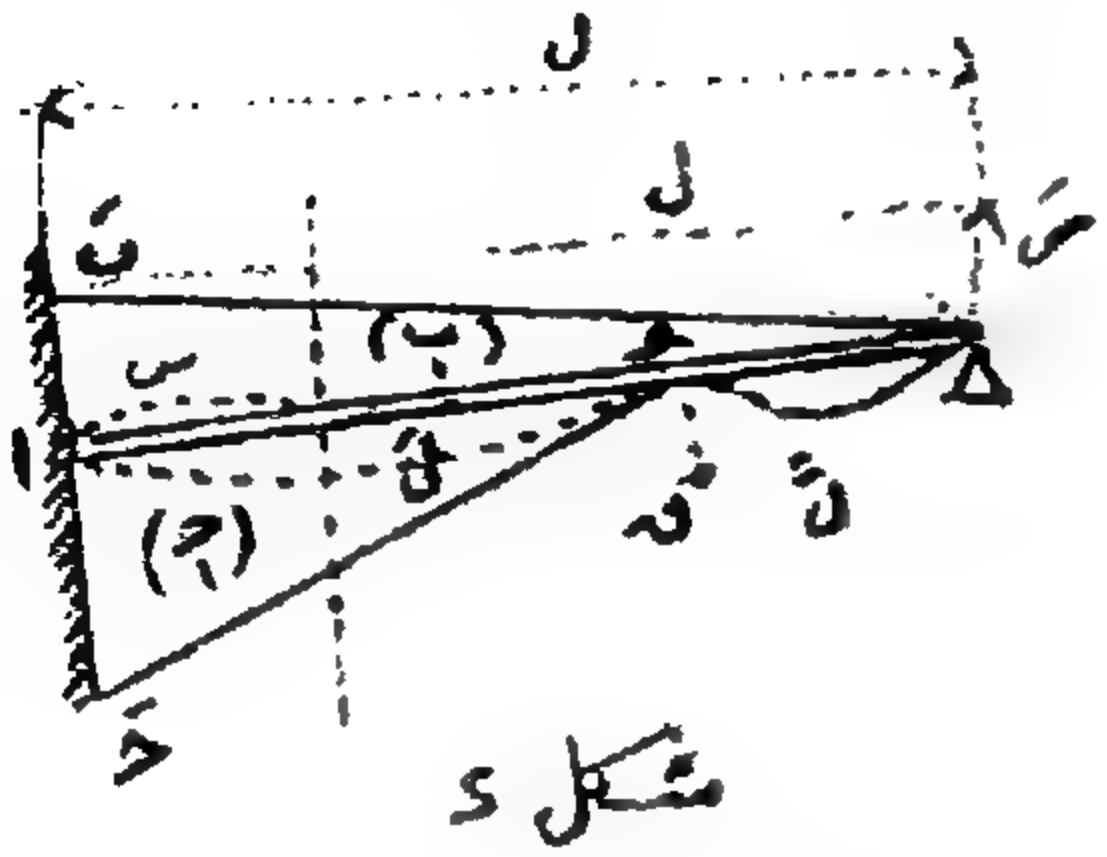
ولنستعمل ابتداء هاتين القاعدتين في دراسة الانثناء المركب للاعتاب المثبتة فنقول

(في الإعتاب المشبهة من أحد الطرفين)

ومركزة من الطرف الآخر على نقطة ارتكاز
الحالة التي يكون فيها الكل وحيداً

ليكن a عتبا مشبها افقيا في ٢ ومركزا في b على نقطة ارتكاز موجودة في استوار نقطة البثيت

ثم محملا في ح بجمل $\frac{3}{16}$ وحينئذ فنقطة الارتكاز تحدث رد فعل $\frac{3}{16}$ نجت عن مقداره ابتداء
ولذلك يقال أن القوتين $\frac{3}{16}$ $\frac{3}{16}$ يحدثان في أ عزى أ ب ، أ ح مختلفي الإشارة والخطان
البيانان لعزم هاتين القوتين مبيان بالمستقيمين ب ب ، ح ح الموضوعين في جهتي المحور وسعنا
العزم المقابلين لهما هما المساحتان ب أ ب ، أ ح مختلفي الإشارة أيضا ولكن (ب) ، (ح)
هما سعيا العزم المذكورتان (ب) ، (ح) هما بعدا مركزى ثقلها
عن نقطة ب على التناظر



وبفرض أن $\frac{3}{16}$ $\frac{3}{16}$ غير معينتين فإن المعادلة العمومية لسهم
الانحناء في ب تكون هي

$$F = P(a - b) - Qb$$

وحيث أن نقطة ب في استواء نقطة التثبيت فالسهم في هذه النقطة يكون معدوما أعني يكون

$$P(a - b) - Qb = 0$$

$$\text{ولكن } P = \frac{1}{4} \text{ و } Q = \frac{1}{4} \text{ ، } \frac{1}{4}(a - b) - \frac{1}{4}b = 0$$

$$\text{و } \frac{1}{4}a - \frac{1}{4}b - \frac{1}{4}b = 0 \text{ ، } \frac{1}{4}a - \frac{1}{2}b = 0$$

فوضع هذه المقادير في المعادلة السابقة والتحليل يحدث

$$\frac{1}{4}a - \frac{1}{2}b = 0 \text{ ، } \frac{1}{4}a = \frac{1}{2}b \text{ ، } a = 2b$$

ولنفكر الحالة الخصوصية التي لا يكون فيها الحمل $\frac{3}{16}$ في وسط المنشور وحينئذ فهذه الحالة يكون

$$a = 2b \text{ ، } \frac{1}{4}a = \frac{1}{2}b \text{ ومنها يحدث}$$

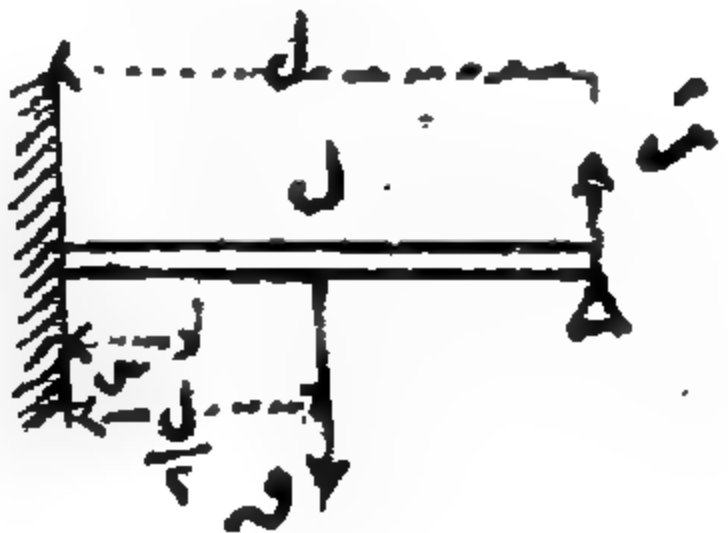
$$\frac{1}{4}a = \frac{1}{2}b$$

ومتى كان رد الفعل $\frac{3}{16}$ معلوما يمكن بالسهولة تعيين عزم الانحناء لنقطة موجودة على بعد س من نقطة

التثبيت وحينئذ في الحالة الخصوصية السابق ذكرها يكون

$$E = \frac{1}{4}a - \frac{1}{2}b = \frac{1}{4}a - \frac{1}{2}b$$

$$\frac{1}{4}a = \frac{1}{2}b \text{ ، } \frac{1}{4}a - \frac{1}{2}b = 0$$



وينتج من ذلك

أولا أن العزم في نقطة التثبيت يتعين بجمل $\frac{3}{16}$ ، وحينئذ يكون $E = \frac{3}{16}$ و $L = \frac{3}{16}$

وثانيا أن العزم في نقطة تأثير الحمل يتعين بجمل $\frac{3}{16}$ ، وحينئذ يكون $E = \frac{3}{16}$ و $L = \frac{3}{16}$

وثالثا حيث أن العزم يكون معدوما في نقطة الانقلاب فيكون في النقطة المذكورة $E = 0$ ، وعليه يكون

$$E = 0 \text{ ، } L = \frac{3}{16}$$

ويمكن بالسهولة أيضا إيجاد المقدار العمومي لسهم الانحناء في النقطة التي بعدها س عن نقطة التثبيت

وهذا المقدار يختلف بحسب كون النقطة المذكورة على يمين أو يسار الحمل $\frac{3}{16}$ ولنبحث عنه على الجزء

(شكل)

(شكل) مع ملاحظة ان الحمل قد واقع في وسط العتب ولذا جئنا بالرمز β ، γ لسحق العزم على الطول من فيحدث

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{1}{\beta} [\text{س} \cdot \text{ل} + \text{س} \cdot (\text{ل} - \text{س})] = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} \\ \gamma &= \frac{1}{\gamma} \times \frac{\text{س} \cdot \text{ل} + \text{س} \cdot (\text{ل} - \text{س})}{\text{س} \cdot \text{ل} + \text{س} \cdot (\text{ل} - \text{س})} \text{ ومنها يحدث } \\ \beta &= \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} \\ \gamma &= \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} \\ \gamma &= \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} \end{aligned}$$

واذا وضع مقدار β ، γ في قانون

$$F = M(\gamma - \beta)$$

فأنه في نقطة تأثير الحمل اعني بالنسبة الى β يكون

$$F = \frac{1}{\beta} M \cdot \text{ل}$$

ولتعيين النقطة التي يكون فيها سهم الأتخاء نهاية عطفي بين نقطتي β ، γ يقال حيث انه في هذه النقطة يكون المماس للمحني المرن افقيا فيكون في تلك النقطة $\gamma = \beta$. وعليه يكون $\beta = \gamma$ اعني يكون

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} \\ \gamma &= \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} \end{aligned}$$

واذا وضع عوضا عن β مقدارها في معادلة

يحدث

$$F = M(\gamma - \beta)$$

$$F = \frac{1}{\beta} M \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} M \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} M \cdot \text{ل}$$

في الاعتبار ذات المقاومة الكبيرة

حيث ان العزمين الأعظم ما يمكن يكونان في نقطتي التثبيت وتأثير الحمل وأنها دائما مختلفان في الجهة فيحصل على أصغر مقادير الفرق بين هذين العزمين بالبحث عن كيفية بها يكونان متساويين ويمكن الوصول الى هذه النتيجة اما بتخص نقطة الارتكاز واما بجعل التثبيت على زاوية معينة وجئنا فالاعتبار الموضوع بهذه الكيفية تكون ذات مقاومة كبيرة

لأنه بناء على أن العزمين الأعظم ما يمكن يلزم ان يكونا متساويين فأنه في حالة ما يكون الحمل واقعا في الوسط يحدث

$$\beta = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\beta} \text{س} \cdot \text{ل}$$

$$\gamma = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل} = \frac{1}{\gamma} \text{س} \cdot \text{ل}$$

وبوضع هذا المقدار في المعادلة الأولى العمومية للسهم يحدث

$$F = \frac{1}{\beta} M \cdot \text{ل}$$

$$ف = \frac{1}{144} \text{ مره ل}$$

ومقدار فرق تسوية نقطة ا عن ب في حالة الثبت الافقي والنسبة الكائنة بين هذا السهم والسهم

الاعظم السابق ايجاده هي ١٦٦٧ : ٥٧ أو ٧٥ : ٢٠

وفي حالة الثبت المائل النسبة $\frac{1}{144}$ يتعين بها ظل الميل

في نقطة الثبت

وأما من جهة العزم الأعظم ما يمكن فإن مقداره بناء على

$$\text{معادلة } ع = ل (ل - س) - س (ل - س) \text{ هو}$$

$$ع = \frac{1}{4} \text{ ل}$$

الحالة التي يكون فيها الحمل موزعاً بانتظام

إذا فرض أن العب مثبت افقياً في ١ ومركز على نقطة ارتكاز ب موجودة في استواء نقطة الثبت ومحمل

بثقل موزع بانتظام قدره قه كلو جرام بالنسبة للوحدة الطولية وأن س هي رد فعل نقطة الارتكاز

فدسم الخطوط البيضاء للعزم في جهة واحدة من المحور وحينئذ يكون لخط البياني لعزم رد الفعل هو مستقيم

ب و لخط البياني لعزم الحمل الموزع بانتظام هو منحنى م وق و الفرق ا ح - ا ت يكون هو العزم مع الثبت

الذي يلزم تعيينه قبل كل شيء ولذلك يقال حيث أن المنحنى ب و ح بدل بالنسبة للمستقيم م ح على الخط البياني

لعزم العب الموضوع على نقطتي ارتكاز ا ب فاذا رمز بالرمز ١ لسعة عزم لخط البياني المذكور وبالرمز ٢

لبعد مركز ثقلها عن نقطة الارتكاز ب ورمز كذلك بالرمز ٣ ا ت لسعة العزم ولبعد مركز الثقل بالنسبة

للخط البياني ب و ح وفرض أيضاً أن س غير معين فالسهم في نقطة ب يكون معيناً للقانون

$$ف = م (ا - ب - ب)$$

وحيث أن هذا السهم يجب أن يكون معدوماً بسبب أن نقطة ب موجودة في استواء نقطة الثبت ١ فيكون

$$ا = ب$$

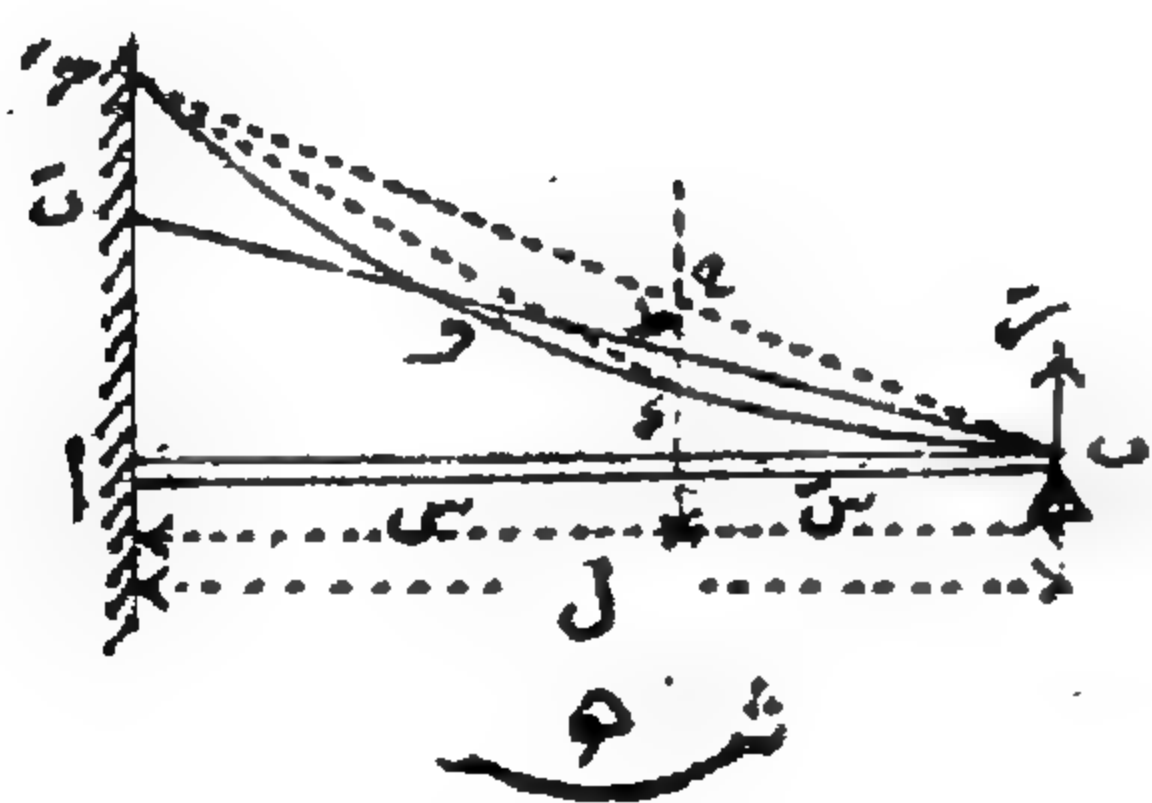
ولكن من المعلوم أن

$$١ = \frac{ع}{٣} \text{ ل} \times \frac{١}{٨} \text{ ل} = \frac{١}{١٦} \text{ ل} = \frac{١}{١٦} \text{ قه ل}$$

$$ب = \frac{١}{٦} \text{ ل} = \frac{١}{٦} \text{ ع ل}$$

$$ا = \frac{١}{٦} \text{ ل}$$

$$ب = \frac{١}{٦} \text{ ل}$$



وحيث أن ا وضعت هذه المقادير عوضاً عن الرموز في المعادلة السابقة يحدث

$$ع = \frac{١}{٨} \text{ قه ل} \text{ وحيث أن } ع = \frac{١}{٦} \text{ قه ل} - س ل \text{ فيكون}$$

$$س = \frac{٣}{٨} \text{ قه ل}$$

وعلى العمود فالعزم ع لنقطة موجودة على بعد س من نقطة ب يتعين من القانون الآت

$$ع =$$

$$ع = \frac{1}{17} قه س - س ر = \frac{1}{17} قه س (س - 3) ل$$

ومنه يتبع أولا حيث أن العزم في نقطة الانقلاب معدوما فيكون

$$ع = 0. \text{ وعليه يكون } س = \frac{3}{17} ل \text{ ومن هذه المعادلة تتعين نقطة الانقلاب}$$

وثانيا حيث أن العزم الأعظم يكون في النقطة التي بعدها عن نقطة الارتكاز معيناً من المعادلة

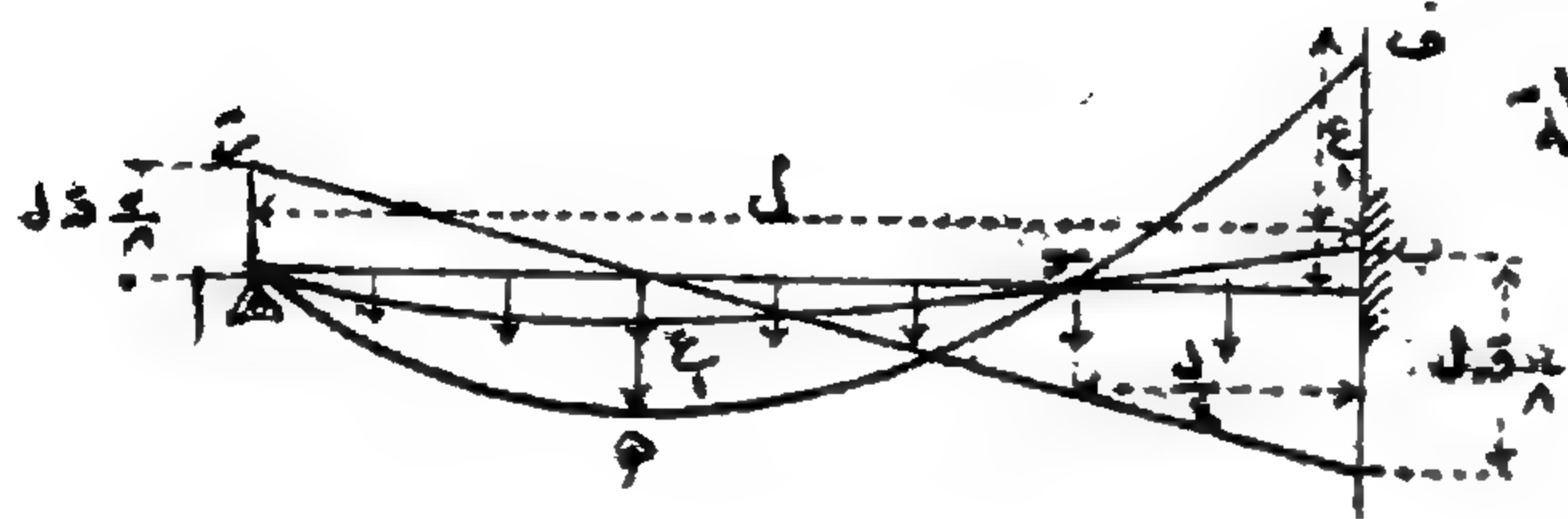
$$س = \frac{3}{17} ل - س التي منها س = \frac{3}{17} ل$$

$$\text{فيكون } ع = - \frac{9}{178} قه ل$$

وعلى هذا فيمكن رسم الخطين البيانيين لعزم الانحناء والأحمال

القاطعة كما هو مشاهد من الشكل مع ملاحظة أن معادلة

الحمل القاطع هي



$$ج = قه س - س ر = قه س - \frac{3}{17} قه ل$$

وأخيراً فإن المقدار العمومي للسهم يتعين من المعادلة الآتية وهي

$$ق = ر (ب - 1) (1)$$

التي فيها ب، 1 و ر، 1 لسحق العزم على القطعة س، 1، 1 و ر، 1 لذراع رافعتها بالنسبة للقطاع

المفروض (شكلاً) ولتعيين مثلاً النقطة س التي يكون فيها السهم نهاية عظمى أعني يكون فيها 0.

أو 1 = ب فنقول

نفرض أن ع، 1 ع، 1 هما العزمان في نقطة س المنسوبين للخطين البيانيين للشكل هـ بالنسبة للمستقيم

س، 1 أي أن 1 = ط = ع، 1 ع، 1 = 2 ع، 1 وحينئذ نجد

$$\frac{ع}{ل} = \frac{س}{ل} \frac{1}{17} \frac{1}{17} = \frac{1}{17} قه س$$

وبناء على المعادلة الأولى يكون

$$ب = \frac{ع}{ل} + \frac{ع}{ل} = \frac{1}{17} قه س (ل + س)$$

وحيث أن 1 = 2 و 2 = 2 و 2 = 2 كما هو واضح من الشكل يكون

$$1 = \frac{ع}{ل} س \times \frac{1}{17} قه س + \frac{1}{17} ع، 1 = \frac{1}{17} قه س (س + 3)$$

وبناء على أن 1 = ب نجد

$$س = \frac{1}{17} ل (1 + 33) = 2.4 ل$$

وأما من جهة السهم الأعظم فمقداره بالتقريب هو

$$ف = \frac{1}{186} مر قه ل$$

ويمكن أن يقال بصفة عمومية أنه في حالة ما يكون المحمل موزعاً بانتظام تكون مقاومة العتب المثبت

من إحدى نهايتيه عين مقاومته في حالة عدم التثبيت وإنما صلابته العتب في الحالة الأولى تكون ساوية

لصلابة العتب في الحالة الثانية بقدر مرتين ونصف تقريباً كما يتضح ذلك من مقارنة مقدار س، 1

٧٦
في الاعتبار ذات المقاومة الكبيرة

إذا فرض أن r غير معين فمقدار العزم E يكون

$$E = \frac{Q_1 L}{2} - r L = \frac{Q_1 L}{2} (1 - \frac{2r}{Q_1})$$

وهذا العزم يكون نهاية عظمى متى كانت

$$1 - \frac{2r}{Q_1} = 0 \Rightarrow r = \frac{Q_1}{2}$$

وحينئذ يكون

ويجعل المقدار المطلق لهذا العزم مساويا لعزم التثبيت وهو

$$E = \frac{Q_1 L}{4} - r L$$

تر = (١ - ٢٧) $\frac{Q_1 L}{4}$ وعليه يكون

$$E = \frac{Q_1 L}{4} = \frac{1}{4} \times 0.86 = 0.215$$

$$F = \frac{1}{4} \times 0.13 = 0.0325$$

في الاعتبار المثبتة من طرفيها

لكالة التي يكون فيها الحمل وحيث

إذا فرض أن ab منشور مثبت من نهايتيه ومحمل بحمل w في نقط متباعدة عن نقطتي التثبيت a و b ل

فيري من بادئ الأمر بأن العزمين $A = E$ و $B = E$ بالنسبة لنقطتي التثبيت يكونان يتحدى الاشارة وأن

أي عزم حيثما انفق يمكن اعتباره أنه ناتج من الفرق بين العزمين المقابلين للنقطتين البيانيين A و B أحدهما

المعينين بعزمي التثبيت وبعزم الحمل w الواقع على المنشور غير المثبت على التناظر

ثم نفرض أن ab هما سعتا العزم للنقطتين البيانيين المذكورين

وأن A و B هما ذراعاهما فبهما بالنسبة للنقطة a

وحيث أن نقطتي التثبيت في استواء واحد فمضايكون

$$A = B = E$$

$$1 = \frac{E}{L} \times \frac{L}{L} = \frac{E}{L}$$

$$B = \frac{E}{L} \times \frac{L}{L} = \frac{E}{L}$$

$$A = \frac{E}{L} \times \frac{L}{L} = \frac{E}{L}$$

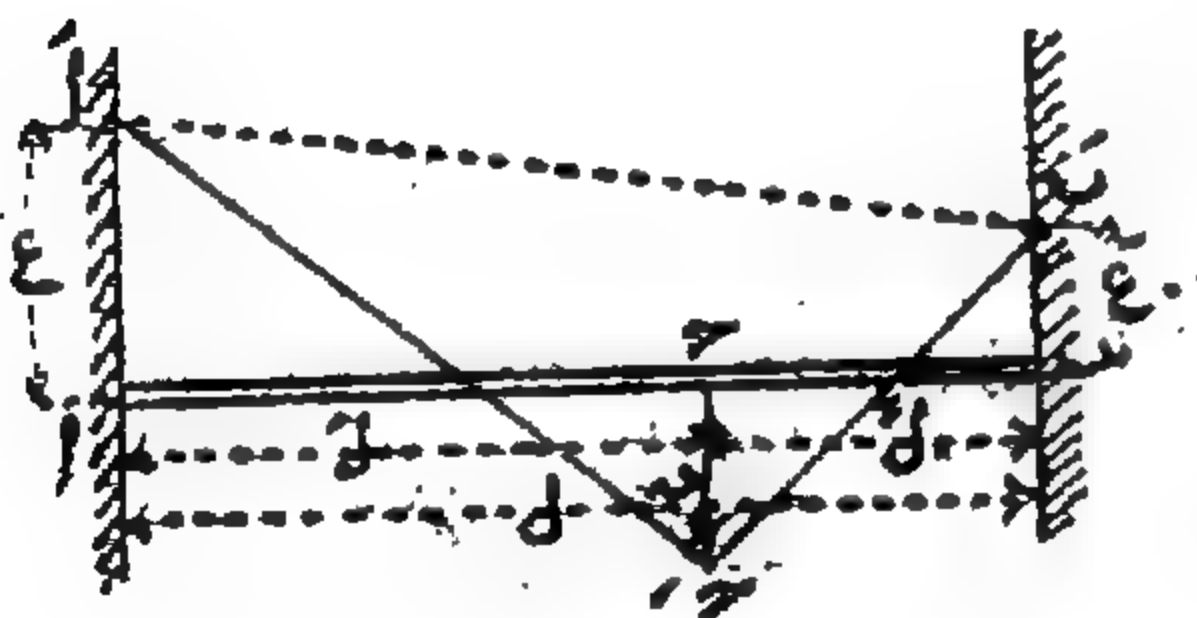
$$B = \frac{E}{L} \times \frac{L}{L} = \frac{E}{L}$$

وبالوضع يحدث

$$E + E = \frac{L(L + L)}{L} = 2L$$

وبالمثل يحدث

$$E + E = \frac{L(L + L)}{L} = 2L$$



ومن هاتين المعادلتين يحدث

$$ع = \frac{ل \cdot ل}{ل} = ع \quad ع = \frac{ل \cdot ل}{ل} = ع$$

وأما من جهة العزم $ع = ع$ فإن مقداره يوجد بالسهولة وهو

$$ع = \frac{ل \cdot ل}{ل} = ع$$

وحيث أن أحد العزمين المتطرفين $ع$ مثله يتعلق بالحاصل $ل$ أو بالحاصل $ل$ (ل - ل) فمنها يتبع العظمى
تتصل متى كانت

$$ل = \frac{ل \cdot ل}{ل} \quad \text{أو} \quad ل = \frac{ل \cdot ل}{ل}$$

وحيث إذا وضع في مقادير $ع$ و $ع$ عوضا عن $ل$ مقدارها وهو $ل$ فتكون مقادير الثلاثة عزم العظمى

$$من بعد ملاحظة أن $ل = ل = ل$ هي $ع = \frac{ل \cdot ل}{ل} = ع$ و $ع = \frac{ل \cdot ل}{ل} = ع$ و $ع = \frac{ل \cdot ل}{ل} = ع$$$

ومن حيث أن العزم $ع$ يكون نهاية عظمى متى كان $ل = ل$ فتكون مقادير العزم الثلاثة المذكورة هي

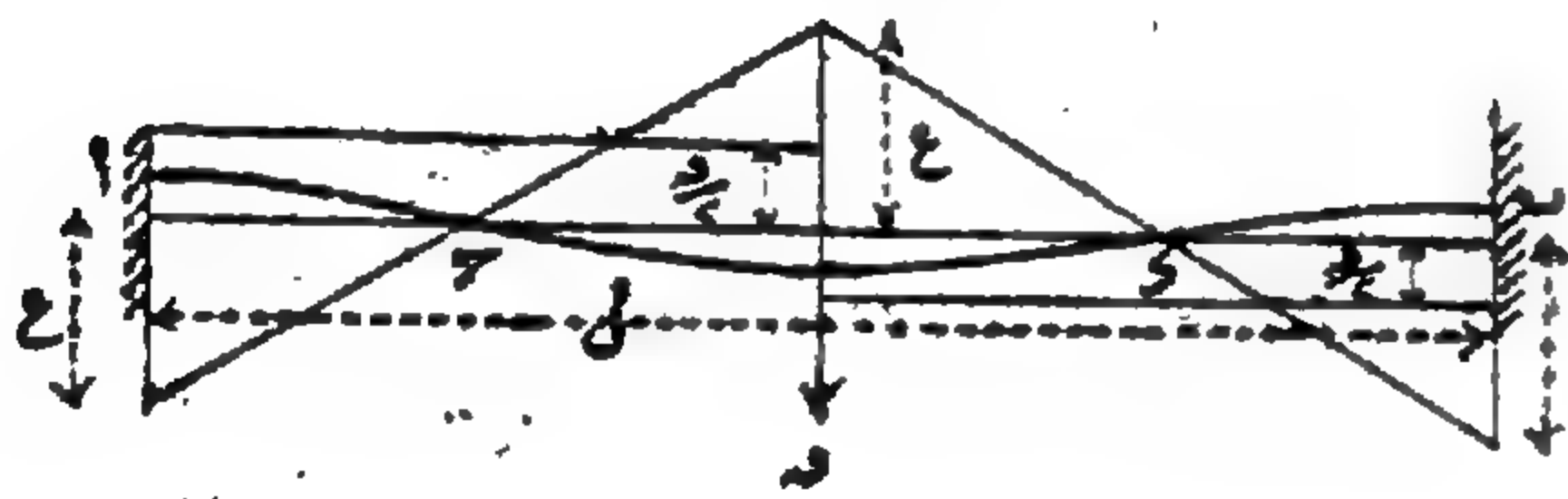
$$ع = ع = ع = \frac{ل \cdot ل}{ل} = ع$$

أعني أن الثلاثة عزم تكون متساوية

وحيث أن العزم $ع$ يكون أكبر العزم متى كان $ل = ل$ كما تقدم فيعلم من ذلك أن التأثير الأعظم الذي

يكابده العتب المثبت أفقيا والمحرك عليه حمل يحصل حينما يكون الحمل المذكور واقعا في ثلث طول ذلك

العتب بالابتداء من إحدى نقطتي التثبيت



ومتى كان الحمل واقعا في وسط العتب فإن نقطة الانقلاب

تكون موجودة على ربع طول العتب المذكور حيث أن

الثلاثة عزم العظمى في هذه الحالة متساوية

وحيث أنه بارتفاع إحدى نقطتي التثبيت عن الأخرى

يحدث ازدياد مقدار إحدى العزم العظمى الثلاثة فيعلم

من ذلك أنه في الحالة التي يكون فيها الحمل واقعا في الوسط يكون العتب المثبت أفقيا ذا مقاومة كبيرة

وفي الحالة التي يكون فيها الحمل واقعا في الوسط يمكن بالسهولة إيجاد مقدار سهم الانحناء الأعظم وحيث أن

$$ف = \frac{ل}{١٩٤} \quad \text{و} \quad ل = \frac{٣}{١٩٤} = \frac{ل}{١٩٤}$$

وبالاختصار فإنه بالمقارنة بين مقاومة وصلابة عتب مثبت من الطرفين والحمل واقع في وسطه وبين

المقاومة والصلابة المنسوبتين للعتب عينه الموضوع على نقطتي ارتكاز على التناظرية أن المقاومة في الحالة

الأولى ضعف المقاومة في الحالة الثانية وأن الصلابة في الحالة الأولى أربعة أمثالها في الحالة الثانية

الحالة التي يكون فيها الحمل موزعا بانتظام

على طول العتب

حيث أن العتب مثبت أفقيا من الطرفين فالعزمان المتطرفان $ع$ يكونان في هذه الحالة متساويين

وحيث أن الخط البياني للوزن المنسوب للحمل الموزع بانتظام على عتب غير مثبت هو قطع مكافئ أحد أبعاده الرأسى الأعظم مقداره $\frac{ق}{٨}$

فإذا رمزنا بالرمزين $ا$ و $ب$ لسعتى العزم المحدودتين كما فى الحالة السابقة فإن ميل المماس لنقطتى التثبيت يكون معدوما ويحدث

$$ا = ب \quad ا = ب \quad حيث أنه فى هذه الحالة \quad ا = ب \quad ولكن$$

$$١ = \frac{١}{٨} ق \times \frac{ق}{٨} \quad ($$

$$ب = ع$$

$$ومن هنا يحدث \quad ع = \frac{١}{٨} ق$$

وبالنسبة للعزم الآخر الذى مقداره نهاية عظمى فى الوسط يكون

$$ع = \frac{١}{٨} ق - ع = ع = \frac{١}{٨} ق$$

ولتعيين نقطة الانقلاب يقال حيث أن مقدار العزم $ع$ فى نقطة متباعدة عن نقطتى التثبيت بالمعدين $ل$ و $ل$ هو

$$ع = \frac{١}{٨} ق ل - ع$$

وأن هذا العزم يكون معدوما إذا كانت

$$\frac{١}{٨} ق ل - ع = ع = \frac{١}{٨} ق ل \quad فيكون$$

$$ل (ل - ل) = \frac{١}{٨} ق ل \quad ومنها يحدث$$

$$ل = \frac{١}{٨} ق (ل - ل) = (٣٧ - ٣) ل = ١٠ ل$$

أعنى أن نقطة الانقلاب تكون فى الخمس تقريبا من طول العتب بالابتداء من نقطتى التثبيت وأما من جهة السهم الأعظم الذى يكون فى وسط العتب فإنه إذا رمز بالرمزين $ا$ و $ب$ لمتصف كل من السعتين المذكورتين وبالرمزين $ا$ و $ب$ لذراعى رافعتها بالنسبة لنقطة الوسط فإن مقداره يكون

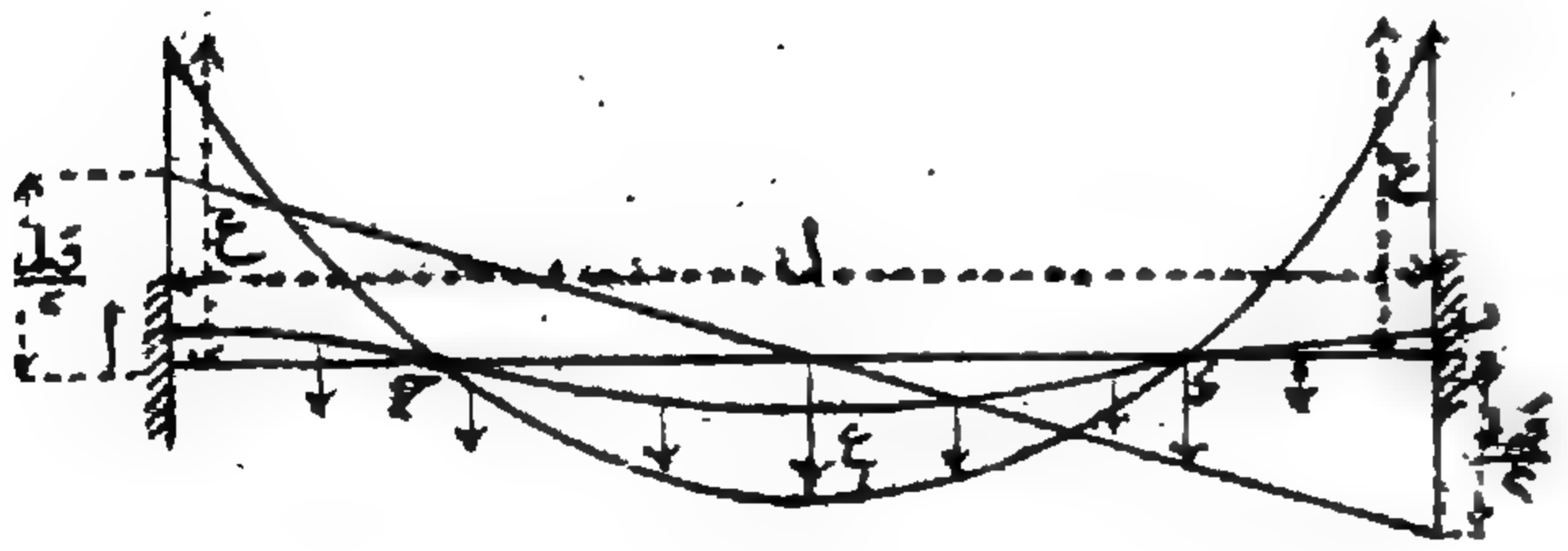
$$ف = مر (ب - ا)$$

$$ولكن \quad ب = \frac{١}{٨} ق ل \quad ا = \frac{١}{٨} ق ل$$

$$ب = \frac{١}{٨} ق ل \quad ا = \frac{١}{٨} ق ل$$

وبالوضع فى معادلة السهم يحدث

$$ف = \frac{١}{٨} ق ل = \frac{١}{٨} ق ل = \frac{١}{٨} ق ل \times \frac{١}{٨} ق ل$$



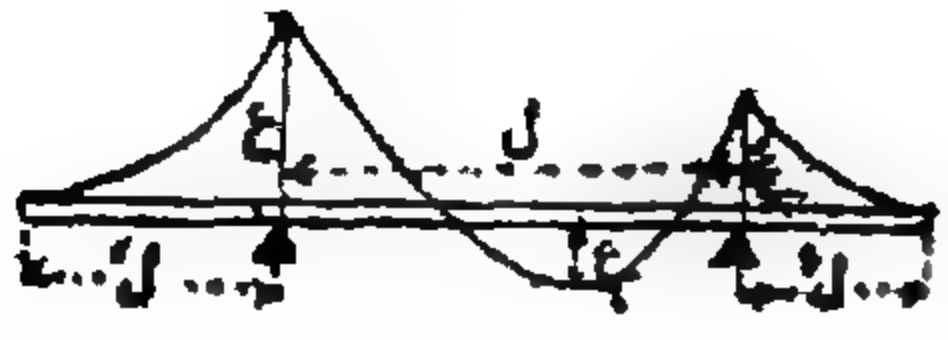
الحالة التى يكون فيها العتب ذا مقاومة كبيرة

فى الحالة السابقة يمكن ازدياد مقاومة العتب باعطاء اتجاهى التثبيت ميلا مناسباً ويحصل على هذه النتيجة مثلاً بدم العتب خارجاً عن التثبيت والتوقيع على كل من هذين الامتدادين نفس الحمل الموزع بانتظام

بالنسبة

بالنسبة للوحدة الطولية

وهذا يرجع الى اعتبار أن العتب موضوع على نقطتي ارتكاز ليستا موجودتين في نهايتيه ولكن في مثل هذا العتب نقطتا الارتكاز متباعدتان عن بعضهما البعض بالبعد $ل$ ومتباعدتان عن نهايتيه بالمعدين $ل$ ، $ل$ على التناظر ففي هذه الحالة العزبان في نقطتي الارتكاز يتعينا تماما بالاحتمال الواقعة على الطرفين المطلقين ومقدارهما على التناظرهما $ع = \frac{1}{2} قه ل$ ، $ع = \frac{1}{2} قه ل$



ومنها يسهل تعيين جميع باقى أجزاء الانشاء ولنعبر الحالة الأبسط ما يكون التي فيها التثبيت متساوي أي ان فيها يكون $ل = ل$ وفي هذه الحالة يكون مقدار العزم العظمى والاحتمال في نقطتي الارتكاز كالآتي

$$ع = ع = \frac{1}{2} قه ل$$

$$ع = ع = \frac{1}{2} قه ل - ع = \frac{1}{2} قه ل - \frac{1}{2} قه ل = 0$$

ومقدار رد الفعل في كل من نقطتي الارتكاز يكون

$$ر = \frac{1}{2} قه (ل + ل)$$

وحيث أن العزم العظمى تختلف عن بعضها في الجهة فالعتب ذو المقاومة الكبيرة يكون معيناً بالمعادلة

$$ع = ع \text{ وعليه يكون}$$

$$ع = ع = \frac{1}{2} قه ل = قه ل \text{ ومنها يحدث}$$

$$ل = \frac{1}{2} قه ل = ٢٧ ل = ٣٥٣ ر ل$$

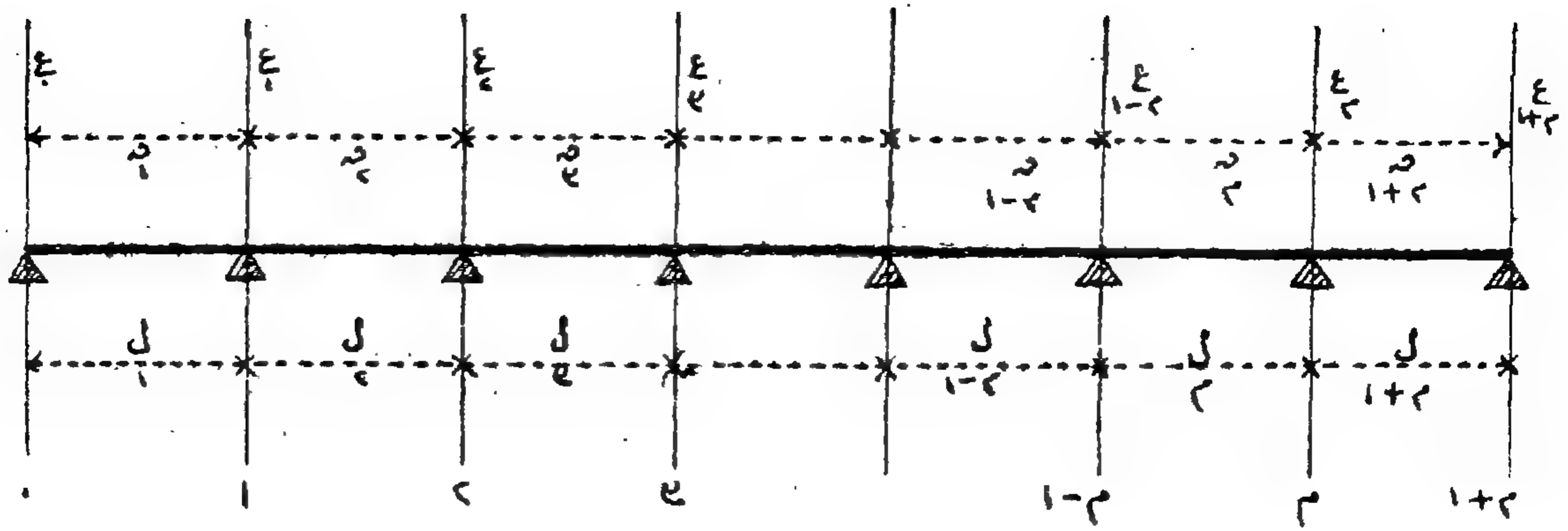
وهذا يقابل المجهزين مطلقتين كل منهما يساوي ٢٧ تقريباً الطول الكلى وعزم الانحناء في هذه الحالة يكون

$$ع = ع = \frac{1}{2} قه ل = \frac{1}{2} قه ل$$

في نظرية الثلاثية عزم وما يتعلق بها

نظرية الثلاثية عزم ارتباط شهير جداً ترتبط به عزم ثلاثة نقط ارتكاز متتابعة لعتب مركب على جملة نقط ارتكاز موجودة في مستواً أفقى واحد مع بعضها

ولبيان هذه النظرية نفرض عتبا مركباً على جملة نقط ارتكاز موجودة في استواء واحد مثل ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٥، ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٤٤، ٤٥، ٤٦، ٤٧، ٤٨، ٤٩، ٥٠، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٤، ٥٥، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٨، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٧٦، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٥، ٨٦، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٣، ٩٤، ٩٥، ٩٦، ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠، ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٠٧، ١٠٨، ١٠٩، ١١٠، ١١١، ١١٢، ١١٣، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١١٧، ١١٨، ١١٩، ١٢٠، ١٢١، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٤٢، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٥، ١٥٦، ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٥، ١٧٦، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٢، ١٨٣، ١٨٤، ١٨٥، ١٨٦، ١٨٧، ١٨٨، ١٨٩، ١٩٠، ١٩١، ١٩٢، ١٩٣، ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣، ٢٠٤، ٢٠٥، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢٠٩، ٢١٠، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٥، ٢١٦، ٢١٧، ٢١٨، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٢، ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٣٥، ٢٣٦، ٢٣٧، ٢٣٨، ٢٣٩، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٢، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٥٠، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٥٣، ٢٥٤، ٢٥٥، ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٣، ٢٦٤، ٢٦٥، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٧٣، ٢٧٤، ٢٧٥، ٢٧٦، ٢٧٧، ٢٧٨، ٢٧٩، ٢٨٠، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٨، ٢٨٩، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٣، ٢٩٤، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٧، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠٠، ٣٠١، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣٠٨، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١١، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٨، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٥، ٣٢٦، ٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣١، ٣٣٢، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٣٩، ٣٤٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٠، ٣٥١، ٣٥٢، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٥٩، ٣٦٠، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٥، ٣٦٦، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٦، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٧، ٣٩٨، ٣٩٩، ٤٠٠، ٤٠١، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤٠٤، ٤٠٥، ٤٠٦، ٤٠٧، ٤٠٨، ٤٠٩، ٤١٠، ٤١١، ٤١٢، ٤١٣، ٤١٤، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٧، ٤١٨، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٢، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٢٥، ٤٢٦، ٤٢٧، ٤٢٨، ٤٢٩، ٤٣٠، ٤٣١، ٤٣٢، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٥، ٤٣٦، ٤٣٧، ٤٣٨، ٤٣٩، ٤٤٠، ٤٤١، ٤٤٢، ٤٤٣، ٤٤٤، ٤٤٥، ٤٤٦، ٤٤٧، ٤٤٨، ٤٤٩، ٤٥٠، ٤٥١، ٤٥٢، ٤٥٣، ٤٥٤، ٤٥٥، ٤٥٦، ٤٥٧، ٤٥٨، ٤٥٩، ٤٦٠، ٤٦١، ٤٦٢، ٤٦٣، ٤٦٤، ٤٦٥، ٤٦٦، ٤٦٧، ٤٦٨، ٤٦٩، ٤٧٠، ٤٧١، ٤٧٢، ٤٧٣، ٤٧٤، ٤٧٥، ٤٧٦، ٤٧٧، ٤٧٨، ٤٧٩، ٤٨٠، ٤٨١، ٤٨٢، ٤٨٣، ٤٨٤، ٤٨٥، ٤٨٦، ٤٨٧، ٤٨٨، ٤٨٩، ٤٩٠، ٤٩١، ٤٩٢، ٤٩٣، ٤٩٤، ٤٩٥، ٤٩٦، ٤٩٧، ٤٩٨، ٤٩٩، ٥٠٠، ٥٠١، ٥٠٢، ٥٠٣، ٥٠٤، ٥٠٥، ٥٠٦، ٥٠٧، ٥٠٨، ٥٠٩، ٥١٠، ٥١١، ٥١٢، ٥١٣، ٥١٤، ٥١٥، ٥١٦، ٥١٧، ٥١٨، ٥١٩، ٥٢٠، ٥٢١، ٥٢٢، ٥٢٣، ٥٢٤، ٥٢٥، ٥٢٦، ٥٢٧، ٥٢٨، ٥٢٩، ٥٣٠، ٥٣١، ٥٣٢، ٥٣٣، ٥٣٤، ٥٣٥، ٥٣٦، ٥٣٧، ٥٣٨، ٥٣٩، ٥٤٠، ٥٤١، ٥٤٢، ٥٤٣، ٥٤٤، ٥٤٥، ٥٤٦، ٥٤٧، ٥٤٨، ٥٤٩، ٥٥٠، ٥٥١، ٥٥٢، ٥٥٣، ٥٥٤، ٥٥٥، ٥٥٦، ٥٥٧، ٥٥٨، ٥٥٩، ٥٦٠، ٥٦١، ٥٦٢، ٥٦٣، ٥٦٤، ٥٦٥، ٥٦٦، ٥٦٧، ٥٦٨، ٥٦٩، ٥٧٠، ٥٧١، ٥٧٢، ٥٧٣، ٥٧٤، ٥٧٥، ٥٧٦، ٥٧٧، ٥٧٨، ٥٧٩، ٥٨٠، ٥٨١، ٥٨٢، ٥٨٣، ٥٨٤، ٥٨٥، ٥٨٦، ٥٨٧، ٥٨٨، ٥٨٩، ٥٩٠، ٥٩١، ٥٩٢، ٥٩٣، ٥٩٤، ٥٩٥، ٥٩٦، ٥٩٧، ٥٩٨، ٥٩٩، ٦٠٠، ٦٠١، ٦٠٢، ٦٠٣، ٦٠٤، ٦٠٥، ٦٠٦، ٦٠٧، ٦٠٨، ٦٠٩، ٦١٠، ٦١١، ٦١٢، ٦١٣، ٦١٤، ٦١٥، ٦١٦، ٦١٧، ٦١٨، ٦١٩، ٦٢٠، ٦٢١، ٦٢٢، ٦٢٣، ٦٢٤، ٦٢٥، ٦٢٦، ٦٢٧، ٦٢٨، ٦٢٩، ٦٣٠، ٦٣١، ٦٣٢، ٦٣٣، ٦٣٤، ٦٣٥، ٦٣٦، ٦٣٧، ٦٣٨، ٦٣٩، ٦٤٠، ٦٤١، ٦٤٢، ٦٤٣، ٦٤٤، ٦٤٥، ٦٤٦، ٦٤٧، ٦٤٨، ٦٤٩، ٦٥٠، ٦٥١، ٦٥٢، ٦٥٣، ٦٥٤، ٦٥٥، ٦٥٦، ٦٥٧، ٦٥٨، ٦٥٩، ٦٦٠، ٦٦١، ٦٦٢، ٦٦٣، ٦٦٤، ٦٦٥، ٦٦٦، ٦٦٧، ٦٦٨، ٦٦٩، ٦٧٠، ٦٧١، ٦٧٢، ٦٧٣، ٦٧٤، ٦٧٥، ٦٧٦، ٦٧٧، ٦٧٨، ٦٧٩، ٦٨٠، ٦٨١، ٦٨٢، ٦٨٣، ٦٨٤، ٦٨٥، ٦٨٦، ٦٨٧، ٦٨٨، ٦٨٩، ٦٩٠، ٦٩١، ٦٩٢، ٦٩٣، ٦٩٤، ٦٩٥، ٦٩٦، ٦٩٧، ٦٩٨، ٦٩٩، ٧٠٠، ٧٠١، ٧٠٢، ٧٠٣، ٧٠٤، ٧٠٥، ٧٠٦، ٧٠٧، ٧٠٨، ٧٠٩، ٧١٠، ٧١١، ٧١٢، ٧١٣، ٧١٤، ٧١٥، ٧١٦، ٧١٧، ٧١٨، ٧١٩، ٧٢٠، ٧٢١، ٧٢٢، ٧٢٣، ٧٢٤، ٧٢٥، ٧٢٦، ٧٢٧، ٧٢٨، ٧٢٩، ٧٣٠، ٧٣١، ٧٣٢، ٧٣٣، ٧٣٤، ٧٣٥، ٧٣٦، ٧٣٧، ٧٣٨، ٧٣٩، ٧٤٠، ٧٤١، ٧٤٢، ٧٤٣، ٧٤٤، ٧٤٥، ٧٤٦، ٧٤٧، ٧٤٨، ٧٤٩، ٧٥٠، ٧٥١، ٧٥٢، ٧٥٣، ٧٥٤، ٧٥٥، ٧٥٦، ٧٥٧، ٧٥٨، ٧٥٩، ٧٦٠، ٧٦١، ٧٦٢، ٧٦٣، ٧٦٤، ٧٦٥، ٧٦٦، ٧٦٧، ٧٦٨، ٧٦٩، ٧٧٠، ٧٧١، ٧٧٢، ٧٧٣، ٧٧٤، ٧٧٥، ٧٧٦، ٧٧٧، ٧٧٨، ٧٧٩، ٧٨٠، ٧٨١، ٧٨٢، ٧٨٣، ٧٨٤، ٧٨٥، ٧٨٦، ٧٨٧، ٧٨٨، ٧٨٩، ٧٩٠، ٧٩١، ٧٩٢، ٧٩٣، ٧٩٤، ٧٩٥، ٧٩٦، ٧٩٧، ٧٩٨، ٧٩٩، ٨٠٠، ٨٠١، ٨٠٢، ٨٠٣، ٨٠٤، ٨٠٥، ٨٠٦، ٨٠٧، ٨٠٨، ٨٠٩، ٨١٠، ٨١١، ٨١٢، ٨١٣، ٨١٤، ٨١٥، ٨١٦، ٨١٧، ٨١٨، ٨١٩، ٨٢٠، ٨٢١، ٨٢٢، ٨٢٣، ٨٢٤، ٨٢٥، ٨٢٦، ٨٢٧، ٨٢٨، ٨٢٩، ٨٣٠، ٨٣١، ٨٣٢، ٨٣٣، ٨٣٤، ٨٣٥، ٨٣٦، ٨٣٧، ٨٣٨، ٨٣٩، ٨٤٠، ٨٤١، ٨٤٢، ٨٤٣، ٨٤٤، ٨٤٥، ٨٤٦، ٨٤٧، ٨٤٨، ٨٤٩، ٨٥٠، ٨٥١، ٨٥٢، ٨٥٣، ٨٥٤، ٨٥٥، ٨٥٦، ٨٥٧، ٨٥٨، ٨٥٩، ٨٦٠، ٨٦١، ٨٦٢، ٨٦٣، ٨٦٤، ٨٦٥، ٨٦٦، ٨٦٧، ٨٦٨، ٨٦٩، ٨٧٠، ٨٧١، ٨٧٢، ٨٧٣، ٨٧٤، ٨٧٥، ٨٧٦، ٨٧٧، ٨٧٨، ٨٧٩، ٨٨٠، ٨٨١، ٨٨٢، ٨٨٣، ٨٨٤، ٨٨٥، ٨٨٦، ٨٨٧، ٨٨٨، ٨٨٩، ٨٩٠، ٨٩١، ٨٩٢، ٨٩٣، ٨٩٤، ٨٩٥، ٨٩٦، ٨٩٧، ٨٩٨، ٨٩٩، ٩٠٠، ٩٠١، ٩٠٢، ٩٠٣، ٩٠٤، ٩٠٥، ٩٠٦، ٩٠٧، ٩٠٨، ٩٠٩، ٩١٠، ٩١١، ٩١٢، ٩١٣، ٩١٤، ٩١٥، ٩١٦، ٩١٧، ٩١٨، ٩١٩، ٩٢٠، ٩٢١، ٩٢٢، ٩٢٣، ٩٢٤، ٩٢٥، ٩٢٦، ٩٢٧، ٩٢٨، ٩٢٩، ٩٣٠، ٩٣١، ٩٣٢، ٩٣٣، ٩٣٤، ٩٣٥، ٩٣٦، ٩٣٧، ٩٣٨، ٩٣٩، ٩٤٠، ٩٤١، ٩٤٢، ٩٤٣، ٩٤٤، ٩٤٥، ٩٤٦، ٩٤٧، ٩٤٨، ٩٤٩، ٩٥٠، ٩٥١، ٩٥٢، ٩٥٣، ٩٥٤، ٩٥٥، ٩٥٦، ٩٥٧، ٩٥٨، ٩٥٩، ٩٦٠، ٩٦١، ٩٦٢، ٩٦٣، ٩٦٤، ٩٦٥، ٩٦٦، ٩٦٧، ٩٦٨، ٩٦٩، ٩٧٠، ٩٧١، ٩٧٢، ٩٧٣، ٩٧٤، ٩٧٥، ٩٧٦، ٩٧٧، ٩٧٨، ٩٧٩، ٩٨٠، ٩٨١، ٩٨٢، ٩٨٣، ٩٨٤، ٩٨٥، ٩٨٦، ٩٨٧، ٩٨٨، ٩٨٩، ٩٩٠، ٩٩١، ٩٩٢، ٩٩٣، ٩٩٤، ٩٩٥، ٩٩٦، ٩٩٧، ٩٩٨، ٩٩٩، ١٠٠٠، ١٠٠١، ١٠٠٢، ١٠٠٣، ١٠٠٤، ١٠٠٥، ١٠٠٦، ١٠٠٧، ١٠٠٨، ١٠٠٩، ١٠١٠، ١٠١١، ١٠١٢، ١٠١٣، ١٠١٤، ١٠١٥، ١٠١٦، ١٠١٧، ١٠١٨، ١٠١٩، ١٠٢٠، ١٠٢١، ١٠٢٢، ١٠٢٣، ١٠٢٤، ١٠٢٥، ١٠٢٦، ١٠٢٧، ١٠٢٨، ١٠٢٩، ١٠٣٠، ١٠٣١، ١٠٣٢، ١٠٣٣، ١٠٣٤، ١٠٣٥، ١٠٣٦، ١٠٣٧، ١٠٣٨، ١٠٣٩، ١٠٤٠، ١٠٤١، ١٠٤٢، ١٠٤٣، ١٠٤٤، ١٠٤٥، ١٠٤٦، ١٠٤٧، ١٠٤٨، ١٠٤٩، ١٠٥٠، ١٠٥١، ١٠٥٢، ١٠٥٣، ١٠٥٤، ١٠٥٥، ١٠٥٦، ١٠٥٧، ١٠٥٨، ١٠٥٩، ١٠٦٠، ١٠٦١، ١٠٦٢، ١٠٦٣، ١٠٦٤، ١٠٦٥، ١٠٦٦، ١٠٦٧، ١٠٦٨، ١٠٦٩، ١٠٧٠، ١٠٧١، ١٠٧٢، ١٠٧٣، ١٠٧٤، ١٠٧٥، ١٠٧٦، ١٠٧٧، ١٠٧٨، ١٠٧٩، ١٠٨٠، ١٠٨١، ١٠٨٢، ١٠٨٣، ١٠٨٤، ١٠٨٥، ١٠٨٦، ١٠٨٧، ١٠٨٨، ١٠٨٩، ١٠٩٠، ١٠٩١، ١٠٩٢، ١٠٩٣، ١٠٩٤، ١٠٩٥، ١٠٩٦، ١٠٩٧، ١٠٩٨، ١٠٩٩، ١١٠٠، ١١٠١، ١١٠٢، ١١٠٣، ١١٠٤، ١١٠٥، ١١٠٦، ١١٠٧، ١١٠٨، ١١٠٩، ١١١٠، ١١١١، ١١١٢، ١١١٣، ١١١٤، ١١١٥، ١١١٦، ١١١٧، ١١١٨، ١١١٩، ١١٢٠، ١١٢١، ١١٢٢، ١١٢٣، ١١٢٤، ١١٢٥، ١١٢٦، ١١٢٧، ١١٢٨، ١١٢٩، ١١٣٠، ١١٣١، ١١٣٢، ١١٣٣، ١١٣٤، ١١٣٥، ١١٣٦، ١١٣٧، ١١٣٨، ١١٣٩، ١١٤٠، ١١٤١، ١١٤٢، ١١٤٣، ١١٤٤، ١١٤٥، ١١٤٦، ١١٤٧، ١١٤٨، ١١٤٩، ١١٥٠، ١١٥١، ١١٥٢، ١١٥٣، ١١٥٤، ١١٥٥، ١١٥٦، ١١٥٧، ١١٥٨، ١١٥٩، ١١٦٠، ١١٦١، ١١٦٢، ١١٦٣، ١١٦٤، ١١٦٥، ١١٦٦، ١١٦٧، ١١٦٨، ١١٦٩، ١١٧٠، ١١٧١، ١١٧٢، ١١٧٣، ١١٧٤، ١١٧٥، ١١٧٦، ١١٧٧، ١١٧٨، ١١٧٩، ١١٨٠، ١١٨١، ١١٨٢، ١١٨٣، ١١٨٤، ١١٨٥، ١١٨٦، ١١٨٧، ١١٨٨، ١١٨٩، ١١٩٠، ١١٩١، ١١٩٢، ١١٩٣، ١١٩٤، ١١٩٥، ١١٩٦، ١١٩٧، ١١٩٨، ١١٩٩، ١٢٠٠، ١٢٠١، ١٢٠٢، ١٢٠٣، ١٢٠٤، ١٢٠٥، ١٢٠٦، ١٢٠٧، ١٢٠٨، ١٢٠٩، ١٢١٠، ١٢١١، ١٢١٢، ١٢١٣، ١٢١٤، ١٢١٥، ١٢١٦، ١٢١٧، ١٢١٨، ١٢١٩، ١٢٢٠، ١٢٢١، ١٢٢٢، ١٢٢٣، ١٢٢٤، ١٢٢٥، ١٢٢٦، ١٢٢٧، ١٢٢٨، ١٢٢٩، ١٢٣٠، ١٢٣١، ١٢٣٢، ١٢٣٣، ١٢٣٤، ١٢٣٥، ١٢٣٦، ١٢٣٧، ١٢٣٨، ١٢٣٩، ١٢٤٠، ١٢٤١، ١٢٤٢، ١٢٤٣، ١٢٤٤، ١٢٤٥، ١٢٤٦، ١٢٤٧، ١٢٤٨، ١٢٤٩، ١٢٥٠، ١٢٥١، ١٢٥٢، ١٢٥٣، ١٢٥٤، ١٢٥٥، ١٢٥٦، ١٢٥٧، ١٢٥٨، ١٢٥٩، ١٢٦٠، ١٢٦١، ١٢٦٢، ١٢٦٣، ١٢٦٤، ١٢٦٥، ١٢٦٦، ١٢٦٧، ١٢٦٨، ١٢٦٩، ١٢٧٠، ١٢٧١، ١٢٧٢، ١٢٧٣، ١٢٧٤، ١٢٧٥، ١٢٧٦، ١٢٧٧، ١٢٧٨، ١٢٧٩، ١٢٨٠، ١٢٨١، ١٢٨٢، ١٢٨٣، ١٢٨٤، ١٢٨٥، ١٢٨٦، ١٢٨٧، ١٢٨٨، ١٢٨٩، ١٢٩٠، ١٢٩١، ١٢٩٢، ١٢٩٣، ١٢٩٤، ١٢٩٥، ١٢٩٦، ١٢٩٧، ١٢٩٨، ١٢٩٩، ١٣٠٠، ١٣٠١، ١٣٠٢، ١٣٠٣، ١٣٠٤، ١٣٠٥، ١٣٠٦، ١٣٠٧، ١٣٠٨، ١٣٠٩، ١٣١٠، ١٣١١، ١٣١٢، ١٣١٣، ١٣١٤، ١٣١٥، ١٣١٦، ١٣١٧، ١٣١٨، ١٣١٩، ١٣٢٠، ١٣٢١، ١٣٢٢، ١٣٢٣، ١٣٢٤، ١٣٢٥، ١٣٢٦، ١٣٢٧، ١٣٢



$$E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + E_3 + L_3 + \dots + E_n + L_n = \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n) + \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n)$$

$$E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + E_3 + L_3 + \dots + E_n + L_n = \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n) + \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n)$$

$$E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + E_3 + L_3 + \dots + E_n + L_n = \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n) + \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n)$$

$$E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + E_3 + L_3 + \dots + E_n + L_n = \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n) + \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n)$$

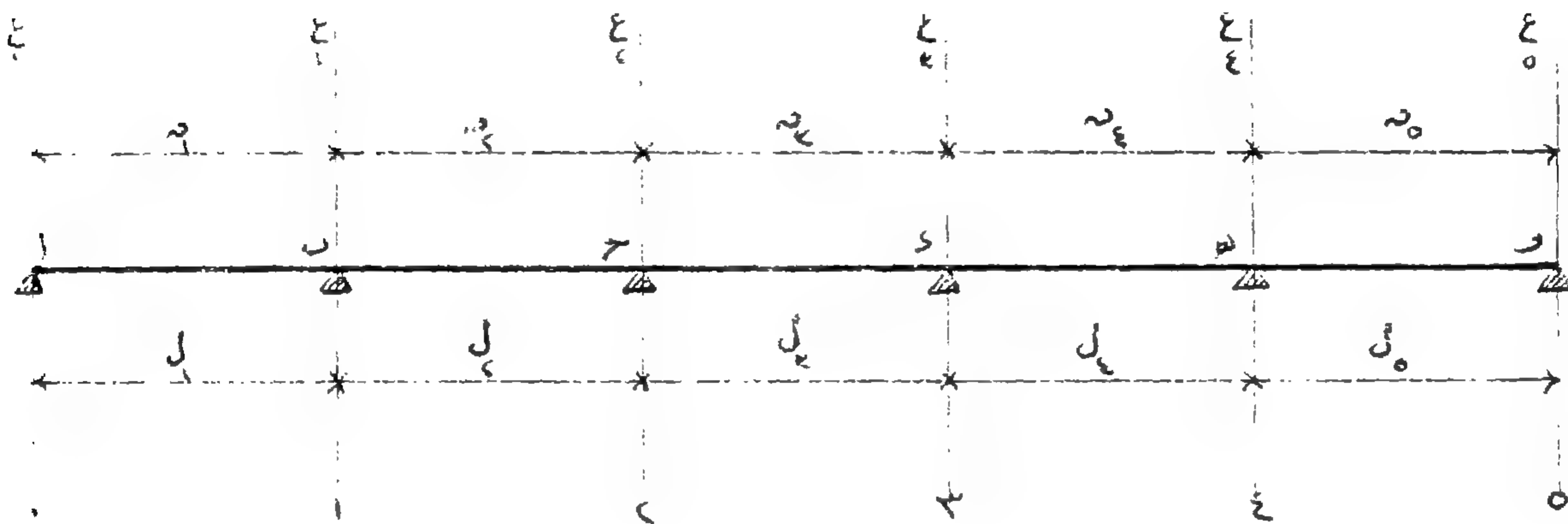
$$E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + E_3 + L_3 + \dots + E_n + L_n = \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n) + \frac{1}{2} (E_1 + L_1 + E_2 + L_2 + \dots + E_n + L_n)$$

مع ملاحظة أن عزيم الانثناء E ، في نقطة الارتكاز المتطرفتين معدومان أعني أن الحد E_1 من المعادلة الأولى يكون مساويا للصفر وأن الحد E_n من المعادلة الأخيرة يكون مساويا للصفر أيضا وعلى هذا فيكون دائما عدد المعادلات المتصلة المشتقة على عزيم الانثناء في نقط الارتكاز المحصورة بين نقطتي الارتكاز المتطرفتين مساويا لعدد فتحات العتب ناقصا واحدا أعني إذا كان عدد الفتحات خمسة مثلا فنحصل أربعة معادلات فيها $E = 0$ ، $E = 0$ ، $E = 0$ ، $E = 0$ ، وتكون عزيم الانثناء المجهولة المطلوب تعيينها هي E_1 ، E_2 ، E_3 ، E_4 ، E_5 فقط أي أن عدد عزيم الانثناء المجهولة يكون مساويا دائما لعدد الفتحات ناقصا واحدا أيضا وحيث أنه حينما يكون عدد الفتحات حتماً متقارباً نتبع الطريقة العمومية التي تسمى بطريقة المعاملات الغير معينة لاستخراج مقادير عزيم الانثناء المجهولة وهذه الطريقة هي

أن تقرب المعادلة الأولى من معادلات العزيم الثلاثة في واحد وباقي المعادلات في معاملات غير معينة مثل E_1 ، E_2 ، E_3 ، E_4 ، E_5 ، على التوالي ثم تجمع تلك المعادلات إلى بعضها طرفاً بطرف وترتب المعادلة المتصلة من الجميع بالنسبة للعزيم المجهولة وبعد ذلك يساوى كل من جميع معاملات العزيم المذكورة بصفر ما عدا معامل العزيم الأخير E_n فيحصل حينئذ على معادلات مشتقة على الجاهيل E_1 ، E_2 ، E_3 ، E_4 ، E_5 ، عدها عين عدد المعادلات الأصلية ناقصا واحدا فيجرب حلها بالسهولة واستخراج مقادير الجاهيل المذكورة ثم توضع مقادير تلك الجاهيل في المعادلة المرتبة السابقة الذكر فيحصل على مقدار العزيم E_n ومعلوم E_n فيوضع مقداره في المعادلة الأخيرة من معادلات العزيم المشتقة على عزيم E_1 ، E_2 ، E_3 ، E_4 ، E_5 فقط ويستخرج مقدار E_1 ، وبعد ذلك يوضع مقدارا E_1 ، E_2 في المعادلة التي قبل الأخيرة من معادلات العزيم المشتقة على ثلاثة عزيم وهي E_1 ، E_2 ، E_3 ، ويستخرج

ويستخرج مقدار م ع، وهكذا حتى يستخرج العزم المجهول الأول ع_١
ولا يضاع ذلك نفرض عتبا ذات خمسة فتحات وحينئذ بناء على ما تقدم تحدث الأربع معادلات الآتية

$$(11) \dots \left\{ \begin{aligned} \varphi_1 &= (\varphi_1^2 + \varphi_1^2) \frac{1}{2} = \varepsilon_1 \varphi_1 + \varepsilon_1 (\varphi_1 + \varphi_1) \varepsilon_1 \\ \varphi_2 &= (\varphi_1^2 + \varphi_2^2) \frac{1}{2} = \varepsilon_1 \varphi_1 + \varepsilon_1 (\varphi_1 + \varphi_2) \varepsilon_1 + \varphi_2 \varepsilon_1 \\ \varphi_3 &= (\varphi_1^2 + \varphi_3^2) \frac{1}{2} = \varepsilon_1 \varphi_1 + \varepsilon_1 (\varphi_1 + \varphi_3) \varepsilon_1 + \varphi_3 \varepsilon_1 \\ \varphi_4 &= (\varphi_1^2 + \varphi_4^2) \frac{1}{2} = \varepsilon_1 (\varphi_1 + \varphi_4) \varepsilon_1 + \varphi_4 \varepsilon_1 \end{aligned} \right.$$



بالرمز للأطراف الثانية من المعادلات المذكورة بالرموز β ، γ ، δ ، ϵ على التناظر لأجل السهولة
ثم نضرب حدود المعادلة الأولى من هذه المعادلات في واحد وحدود المعادلات الثانية في δ والثالثة
في ϵ والرابعة في δ فيجد

($\text{پ} = \text{پ} + \text{ع} - \text{پ}$)
 ($\text{پ} + \text{پ} + \text{ع} = \text{پ} + \text{پ} + \text{ع} - \text{پ}$)
 ($\text{پ} + \text{پ} + \text{ع} = \text{پ} + \text{پ} + \text{ع} - \text{پ}$)
 ($\text{پ} + \text{پ} + \text{ع} = \text{پ} + \text{پ} + \text{ع} - \text{پ}$)
 ($\text{پ} + \text{پ} + \text{ع} = \text{پ} + \text{پ} + \text{ع} - \text{پ}$)

ويجمع هذه المعادلات الى بعضها طرفا بطرف وترتيب المعادلة المتحصلة بالنسبة للغير محدث

$$+ \dots + [(\frac{1}{2} + \frac{1}{2})\epsilon + \frac{1}{2}\epsilon] \epsilon + [\frac{1}{2}\epsilon + (\frac{1}{2} + \frac{1}{2})\epsilon] \epsilon + \dots + [(\frac{1}{2} + \frac{1}{2})\epsilon + \frac{1}{2}\epsilon] \epsilon + \frac{1}{2}\epsilon$$

و بمسأوة كل من معاملات ع، ح، ط بصفحة

$$\begin{aligned} (& \dots = \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \epsilon \\ (& \dots = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \epsilon + \frac{1}{2} \\ & \dots = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \epsilon + \frac{1}{2} \end{aligned}$$

ومن هذه المعادلات تستخرج مقادير y, z بالسهولة وبعد ذلك توضع تلك المقادير في المعادلة الناتجة من معادلة (٢) بعد مساواة المعاملات بصفر كما ذكر وهي

$$x \left[\frac{1}{2} (y + z) \right] = \frac{1}{2} y - \frac{1}{2} z - \frac{1}{2} y$$

التي ليس فيها سوى x مجهولاً فيخرج ومتى علم مقدار x يوضع في المعادلة الأخيرة من معادلات (١) ويستخرج مقدار x ثم يوضع مقداراً y في المعادلة الثالثة منها ويستخرج مقدار x ثم يوضع مقداراً z في المعادلة الثانية منها ويستخرج مقدار x وحينئذ تكون المعادلة الأولى من معادلات (١) للتحقق (تنبيه) - عوضاً عن ضرب المعادلة الأولى من معادلات (١) في واحد وباقي المعادلات في y, z على التوالي كما سبق يمكن إجراء ذلك بالابتداء من المعادلة الأخيرة بأن تضرب المعادلة المذكورة في واحد والتي قبلها في y والتي تلي قبل الأخيرة في z وهكذا إلى المعادلة الأولى ثم تجمع المعادلات المذكورة طرفاً بطرف إلى بعضها وترتب المعادلة المتحصلة من الجمع بالنسبة للعزم ثم تساوى كل من جميع المعاملات بصفر ما عدا معامل العزم الأول x وتستخرج مقادير y, z كما تقدم ثم توضع تلك المقادير في المعادلة الناتجة من حاصل الجمع المشابهة لمعادلة (٢) بعد مساواة المعاملات بصفر وهي

$$x \left[\frac{1}{2} (y + z) \right] = \frac{1}{2} y - \frac{1}{2} z - \frac{1}{2} y$$

ويستخرج مقدار x منها

ومتى علم مقدار x يوضع في المعادلة الأولى من معادلات (١) ويستخرج مقدار x ثم يوضع مقداراً y في المعادلة الثانية منها ويستخرج مقدار x ثم يوضع مقداراً z في المعادلة الثالثة منها ويستخرج مقدار x وحينئذ تكون المعادلة الأخيرة منها للتحقق

المعادلة العمومية الخاصة بعزم الانثناء في أي فتحة

متى عيّنت عزم الانثناء في نقط الارتكاز الواقعة بين نقطتي الارتكاز المتطرفتين يمكن تعيين عزم الانثناء في أي نقطة من نقط العتب بالنسبة لأي فتحة من القانون

$$x = \frac{\frac{1}{2} (M_1 - M_2) + \frac{1}{2} M_2}{\frac{1}{2} M_2} + \frac{1}{2} M_2 (S - S) \dots \dots (3)$$

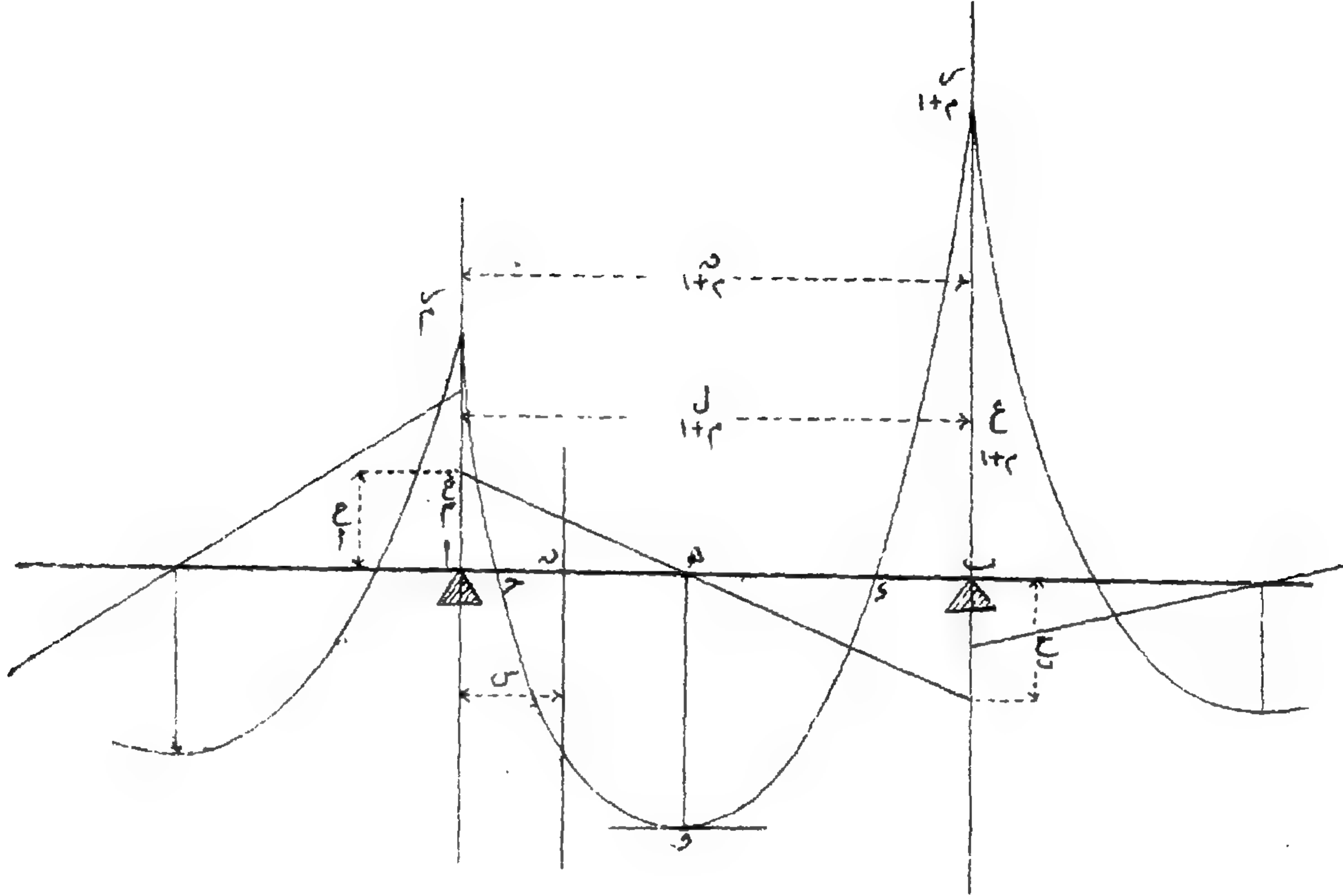
لأنه إذا فرض أن الفتحة المطلوب حساب عزم الانثناء فيها هي ab كما في الشكل وأن طولها هو M_2 وأن عزم الانثناء في نقطتي الارتكاز a, b هما M_1, M_2 على التناظر وأن M_2 هو الحمل الموزع بانتظام على المتر الطولي من الفتحة المذكورة وأن رد الفعلين أو الحملين القاطعين في نقطتي الارتكاز المذكورتين هما M_1, M_2 على التناظر أيضاً بملاحظة أن رد الفعل M_1 ناتج من الحمل الواقع على الفتحة ab ومن الحمل الواقع على الفتحة التي قبلها وكذلك رد الفعل M_2 ناتج من الحمل الواقع على الفتحة ab المذكورة ومن الحمل الواقع على الفتحة التي بعدها

ثم وضرباً بالرسم S لبعده النقطة b من العتب المطلوب تعيين عزم الانثناء فيها عن نقطة الارتكاز

أ فأن

١ فأنه يحدث

$$ع = ع + م - س - \frac{1}{1+م} م س$$



ومتى كانت نقطة $و$ في موضع نقطة الارتكاز $ب$ أعني متى كان $ب = م$ ، فأن المعادلة السابقة -
تؤول الى

$$ع = ع + م - ل - \frac{1}{1+م} م ل$$

ويحذف $م$ من المعادلتين المذكورتين يتحصل معادلة (٣) وهو المطلوب برهانه
ولأجل تعيين نقطتي الانقلاب $ح$ و $د$ يكفي أن يجعل في معادلة (٣) العزم $ع$ مساويا للصفر ويستخرج
منها مقدار $س$ اللذان بهما تتعين نقطتا $ح$ و $د$ المذكورتين ولنفرض أن هذين المقدارين هما $س$ و $س$
ولأجل تعيين مقدار العزم $هـ$ و الذي في نهايته يكون المماس للحنى البياض للعزم افقيا يكفي أن يجعل
في معادلة (٣) السابقة $س = س + س$ أعني أن يجعل $س$ مساويا للمتوسط العددي لبعدى نقطتي الانقلاب
عن نقطة الارتكاز ٢

المعادلة العمومية الخاصة بالأعمال القاطعة في أي فتحة

لايجاد مقدار الحمل القاطع $ح$ في أي نقطة من طول العتب بالنسبة للفتحة $اب$ مثلا تؤخذ المشتقة
برتبة أولى للمعادلة (٣) بالنسبة للتغير $س$ فيحدث

$$ح = \frac{ع + م - س - \frac{1}{1+م} م س}{1+م} - \frac{1}{1+م} م س \dots (٤)$$

وإذا أريد إيجاد مقدار الحمل القاطع في نقطة الارتكاز بالنسبة للفتحة أب يكون أن يجعل في المعادلة المذكورة $s = 0$. وحيتئذ يكون

$$c = \frac{\frac{e}{1+m} - \frac{e}{1+m}}{\frac{1}{1+m} + \frac{1}{1+m}} = \frac{e}{1+m}$$

وإذا أريد إيجاد مقدار الحمل القاطع في نقطة الارتكاز ب بالنسبة للفتحة أب المذكورة يكون أن يجعل في قانون (٤) مقدار $s = \frac{L}{1+m}$. وحيتئذ يكون

$$c = \frac{\frac{e}{1+m} - \frac{e}{1+m}}{\frac{1}{1+m} + \frac{1}{1+m}} = \frac{e}{1+m}$$

وبهذه المثابة يمكن إيجاد مقادير الأحوال القاطعة في نقط الارتكاز بالنسبة لكل فتحة من فتحات العتب وبعد ذلك يحصل على المقادير الكلية للأحوال القاطعة بالنسبة لكل نقطة من نقط الارتكاز أي ردود الأفعال الكلية لنقط الارتكاز بجمع كل حملين قاطعين منسويين لكل نقطة ارتكاز واحدة إلى بعضها مثلاً إذا كان بالنسبة للفتحة التي قبل فتحة أب الحمل القاطع في نقطة الارتكاز ٢ هو c وبالنسبة للفتحة التي بعد فتحة أب الحمل القاطع في نقطة الارتكاز ب هو c يكون الحمل القاطع الكلي في نقطة الارتكاز ٢ هو $(c + c)$ والحمل القاطع الكلي في نقطة الارتكاز ب هو $(c + c)$ وأما النقطة التي يكون فيها الحمل القاطع مساوياً لفتحتين من معادلة (٤) يجعل $s = 0$. واستخراج مقدار s المحقق لذلك ولا يخفى أن مقدار s المذكور بالنسبة للفتحة أب يلزم أن يكون مساوياً للمقدار $s = 0$ السابقة في أسهم الانحناء

متى كان العتب مركباً على جملة نقط ارتكاز موجودة في استواء واحد ومحملاً بأحوال موزعة بانتظام بالنسبة لكل فتحة فإن سهم الانحناء الأعظم في كل من الفتحات المتوسطة أي في كل من الفتحات الموجودة بين الفتحتين المتطرفتين يحسب كما في حالة العتب المثبت من الطرفين ومحمل بمحمل موزع بانتظام من القانون

$$f = \frac{1}{n} \times \frac{e}{1+m} \left(\frac{L}{1+m} \right)^2 \dots \dots \dots (٥)$$

السابق ذكره فيما تقدم الذي فيه f رمز لسهم الانحناء الأعظم ، e رمز للحمل بالنسبة للتر طول من العتب في الفتحة المعتبرة ، و m رمز لمعامل المرونة ، L رمز لعزم قصور قطاع العتب ، n رمز لطول الفتحة المفروضة .

وأما سهم الانحناء في كل من الفتحتين المتطرفتين فيحسب من القانون

$$f = \frac{1}{n} \times \frac{e}{1+m} \left(\frac{L}{1+m} \right)^2 \dots \dots \dots (٦)$$

ورمز هذا القانون عين ورموز قانون (٥)

(تنبيه) قانون (٥) يكون حقيقياً بالنسبة للفتحات المتوسطة التي في كل منها يكون عزماً الانثناء في

نقطتي

نقطتي الارتكاز متساويين وتقريباً متى كان العزمان المذكوران غير متساويين والتقريب المذكور يكون كافياً كلما كان الفرق بين العزمين المذكورين قليلاً
وأما إذا كان الفرق المذكور كبيراً فيلزم البحث عن سهم الاختناء الأعظم في الفتحة المفروضة بموجب القواعد المتقدمة الخاصة بحساب أسهم الاختناء مطبقة على الحالة التي يكون فيها العزمان في قطاعي التثبيت غير متساويين والحمل موزع بانتظام على طول الفتحة

مسائل على جميع ما تقدم

(مسألة ١) إذا كان قضيب اسطوانى من الحديد قطره ٣.٠٠٠ متر وطوله ١٤.٠٠ متر معلقاً من إحدى نهايتيه ومعلق في النهاية الأخرى له ثقل قدره ٣٥٠٠ كيلو جرام فما يكون مقدار الاستطالة الناشئة عن الثقل المذكور من بعد معلومية أن مقدار معامل المرونة بالنسبة للمتر المربع يساوى ١٠ × ٤٠٠
الجواب - نضع $L = \frac{P}{E}$ ثم نضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها فيكون

$$L = \frac{14 \times 3500}{10 \times 400 \times 3.000 \times 7.65} = \frac{49000}{1414000} = 0.0347 \text{ متر}$$

(مسألة ٢) - إذا كان قضيب من الحديد معلقاً من إحدى نهايتيه ومعلق في النهاية الأخرى له حمل قدره ٧ كيلو جرام على الميلي متر المربع من قطاعه فما يكون مقدار الاستطالة النسبية من بعد معلومية أن معامل المرونة بالنسبة للميلي متر المربع يساوى ١٠٠ × ٤٠٠ = ٤٠٠٠٠
الجواب - نضع $U = \frac{P}{E}$ ثم نضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها فيجد
 $U = \frac{7}{100 \times 400} = 0.0000175 \text{ متر}$

(مسألة ٣) المطلوب إيجاد مقدار الاستطالة في المسألة الأولى باعتبار ثقل القضيب من بعد معلومية أن الثقل النوعي للحديد يساوى ٧.٨

الجواب - نضع $L = \frac{P}{E}$ ($P = L \times B \times \frac{1}{E}$) ثم نضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها فيكون

$$L = \frac{1}{1414000} (14 \times 3500 + 7.8 \times 1000 \times 7.65 \times 14) = \frac{14496770.4}{1414000} = 10.25 \text{ متر}$$

(مسألة ٤) - إذا كان قضيب منشوري من الحديد قطاعه مربع ضلعه ٢.٠٠ متر وطوله ٢.٠٠ متر معلقاً من إحدى نهايتيه فما يكون مقدار الحمل الذي يمكن تعليقه في نهايته الأخرى مع الأمن من بعد معلومية أن معامل المقاومة يساوى ٨ كيلو جرام بالنسبة للميلي متر المربع
الجواب - نضع $M = \frac{P}{E}$ ثم نضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها فيجد

$$٧ = ٨٠٠٠٠ \times ٠.٠٠٠٤ = ٣٢٠٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

(مسألة ٥) - المطلوب حل المسألة الرابعة باعتبار ثقل القضيب

الجواب - نضع $٧ = ٣ + ٤$ ثل ومنها يحدث

$$٧ = ٣ - ٤ \text{ ثل}$$

ثم نضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها فيحدث

$$٧ = ٣٢٠٠ - ١٠٠٠ \times ٧٨٨ = ٢٠٨٠٠ \text{ أو}$$

$$٧ = ٣٢٠٠ - ٦٤٠٤ = ٣١٣٧٦ \text{ كيلوجرام}$$

(مسألة ٦) - إذا كان المطلوب حمل ثقل قدره ٧٠٠٠ كيلوجرام بجذير مقدار طوله ٨ متر فامقدار قطر

حديد حلقات الجذير من بعد معلومية أن معامل المقاومة $٧ = ٦$ كيلوجرام بالنسبة للملي متر المربع وأن

النقل النوعي للحديد يساوي ٧٨٨

$$\text{الجواب نضع } ٧ = \frac{\text{ط} \times \text{م} - ٤ \times ٦}{٤}$$

وحيث أن $٧ = \frac{\text{ط} \times \text{م} - ٤ \times ٦}{٤}$ فيكون

$$\frac{\text{ط} \times \text{م} - ٤ \times ٦}{٤} = ٧ \text{ ومنها يحدث}$$

$$\sqrt{\frac{٧٠٠٠}{١٠٠٠ \times ٧٨٨ \times ٨ \times ٤ - ٦٠ \times ٦ \times ١٦٥} \times \frac{٤}{٤٨٤}} = \sqrt{\frac{٧}{٣١٣٧٦ - ٤ \times ٦}} = ٥$$

$$\text{أو } ٥ = ٣١٦ \text{ متر} = ٦ \text{ راع ميلي متر}$$

ويمكن حساب قطر حديد الجذير من القانون

$$٥ = ٧٠٠٠ \times ٠.٠٠٠٤ \text{ الذي منه يحدث}$$

$$٥ = ٢٤٣ \text{ ر.م.} = ٢٤٤ \text{ ميلي متر}$$

ويمكن حساب قطر حديد الجذير أيضاً من القانون

$$\sqrt{\frac{٧ \times ١٦٨}{٦٥١٦٠ - ١٨٨٤٩٠٠}} = \sqrt{\frac{٧}{١٨١٦٠}} \text{ الذي منه يحدث}$$

$$٥ = ٣٠١ \text{ ر.م.} = ٣٠١ \text{ ميلي متر}$$

(تنبيه) كل من المقادير السابق إيجادها لمقدار القطر و تحديد الجذير يمكن اتخاذه في العمل بلا فرق

(مسألة ٧) - إذا كان مقدار قطر حاوية إحدى فصوص جذير جال يساوي ٣٠٠٠ متر وأن

عدد الفصوص الموجودة على كل حاوية يساوي ٧٠٠ فإيكون مقدار الحمل الذي يمكن رفعه مع

الأمن بالجذير المذكور من بعد معلومية أن معامل المقاومة $٨٠٠ = ٨$ كيلوجرام بالنسبة للملي متر

المربع وما هي مقادير أبعاد كل فوصة

الجواب

الجواب - فضع $53 = 2$

6. 55 = 2

$$6 \quad \text{SV}_1 = 0$$

س = ۵۰ ر

التي فيها الرموز تعلم من الشكل ثم نضع

$$1c > (1+2c)$$

$$v = r \dot{\theta}$$

وبناء على منطوق المسألة يكون

۲ = ۳ × ۰.۲ = ۰.۶ سنی میز ۸ = ۱ سنی میز ۱۵ = ۱ سنی میز ۲ = ۱ سنی میز

وحينئذ بناء على القانون الأخير يكون

أو $2 = 1 \times 8 \times \frac{1}{0.6} \times 3$

≈ 9600 کلوگرام

(مسألة ٨) إذا كان حبل من القنب طوله ٤٠ متر وقطره ٠.٤ متر وأن معامل المقاومة بالنسبة للبيلى متر المربع يساوى ١٠ كلوجرام فما مقدار الحمل الذى يمكن رفعه بالحبل المذكور بدون اعتبار ثقله الجواب - نضع $\frac{\text{طء}}{4} \text{ م} = \text{و}$ ثم نضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها فيكون

۱۵۵۶ = ۱۵۵۶ کلوگرام

ولأجل حل المسألة المذكورة باعتبار نقل الجبل مع ملاحظة أن الثقل النوعي للقب يساوي ٩٥٠٠. نضع

$$\frac{ط_2}{ط_1} م = و + \frac{ط_2}{ط_1} ل \times ب \quad \text{أو} \quad \frac{ط_2}{ط_1} (م - ل \times ب) = و$$

وإذا وضع في هذا القانون عوضا عن الرموز مقاديرها بحديث

$$\text{أو } n = (2 \times 100 \times 90 - 10000) \frac{0.4 \times 300}{4}$$

۴ = ۱۷۸۰ کیلو حرام

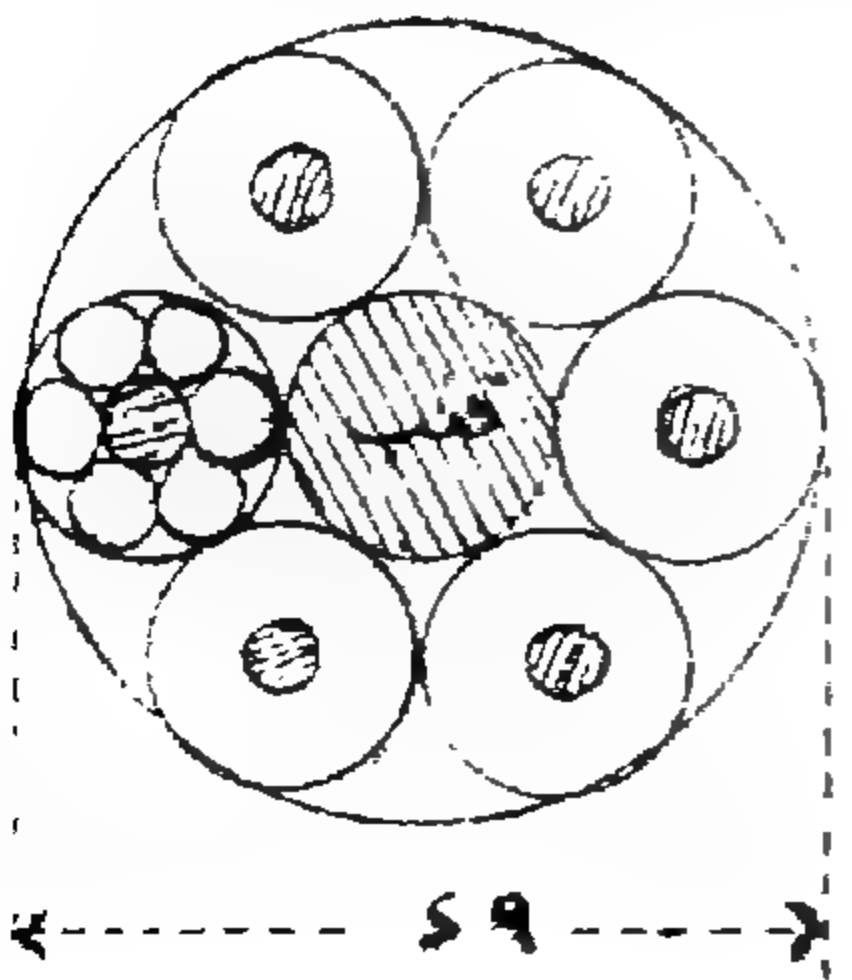
(مسألة ٩) - إذا كان جبل معدني طوله ٨٠ متر مكوناً من ست جدائل معدنية وكل جديله مكونة من ست سلوك من الحديد قطر كل منها ٤٠٠٠ متر فإمقدار الحمل الذي يمكن رفعه بالجبل المذكور بعد مراعاة ثقله من بعد معلومية أن معامل المقاومة يساوي ١٤ كيلو جرام بالنسبة للميل من المربع

الاجواب - نضع $\frac{6 \times 7}{2} = 21$ م = 21

وإذا وضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث

أو $n = 14 \dots \dots \times \frac{2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6}{2}$

۵ = ۱۵۸۹۵۶ کلوگرام



ولأجل حل المسألة المذكورة باعتبار ثقل الحمل المعدني نضع

$$\frac{36}{4} ط ذ م = و + \frac{36}{4} ط ذ ل \times ث + \frac{15}{4} ط ذ ل \times ث \text{ ومنها يحدث}$$

$$و = \frac{36}{4} ط ذ م - \frac{36}{4} ط ذ ل \times ث - \frac{15}{4} ط ذ ل \times ث$$

وإذا وضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث

$$و = 9 \times 14 \times 3000 - 10 \times 12 \times 7000 - 10 \times 12 \times 7000 - 1000 \times 7 \times 8 \times 80 \times 0.5 = 1000 \times 7 \times 8 \times 80 \times 0.5$$

$$و = 1508 \text{ كيلوجرام}$$

(مسألة ١٠) إذا كان مقدار الحمل الواقع على جاويطة مساوياً ١٧٠٠ كيلوجرام وأن معامل المقاومة يساوي ٧ كيلوجرام بالنسبة لليلومتر المربع فامقدار قطر الجاويطة في الجزء الأملس وماهي مقادير باقي اجزاء الجاويطة المذكورة

$$\text{الجواب - نضع } \frac{ط ذ م}{4} = و$$

وحيث ان القطر في الجزء المقلوب يساوي ٨ د فيكون

$$\frac{ط ذ م}{4} \times ٦٤ = و$$

وإذا وضع في هذا القانون عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث

$$\frac{١٤}{4} \times ٦٤ \times ٧ \times ١٠ = ١٧٠٠ \text{ للجرام ومنه يكون}$$

$$د = \sqrt{\frac{١٧٠٠}{٣٥١٦٨٠}} = ٠.٠٢٢ \text{ متر} = ٢.٢ \text{ سنتيمتر}$$

وحيث علم مقدار د فيكون

$$٤ = د = ٢.٢ = ٣.٣ \text{ ملليمتر إذا كانت الرأس مستديرة}$$

$$٤ = د = ٤.٤ \text{ ملليمتر إذا كانت الرأس مدببة}$$

$$٥ = د = ٥.٥ \text{ ملليمتر}$$

$$٥ = د = ٥.٥ \text{ ملليمتر بالنسبة للصواميل السفلى}$$

$$٥ = د = ٥.٥ \text{ ملليمتر بالنسبة للصواميل المتعادلة}$$

$$٥ = د = ٥.٥ \text{ ملليمتر بالنسبة للصواميل العليا}$$

وأما من جهة الرموز فإنها تفهم من الشكل

(مسألة ١١) - إذا كان المطلوب برشمة لوحين من الصاج سمك كل منها ٠.٢٥ متر وعرض كل منهما

٠.٥ متر فما يكون عدد مسامير البرشام اللازم لذلك وما هو قطر مسامير البرشام

الجواب - نضع

$$م س ل = و = \frac{ط ذ م}{4} \text{ ، } د = ٥ = م$$

وحيث أن المعامل م لقوة التصاق مسامير البرشام يؤخذ عادة مساوياً لنصف معامل مقاومة الصاج

م فإذا

وبناء على المعادلة الثانية يكون $٧س١ = \frac{١}{٢} \times ٤س٢ \times ٥س٣ \times ٦$ أو

$$\frac{dc}{ds} = \frac{d}{ds} \times \frac{v}{v_0} = v$$

واذا اوضح في هذه المعادلة الأخيرة عوضا عن الرموز مقاديرها يحدث

$$C_{10} = \frac{1}{2.1471} = \frac{20 \times 8}{2.10 \times 4.14} = 2$$

اعني ان عدد مسامير العرشام يساوي ١٤٤ مسماراً

وبقيسمة مقدار عرض اللوح الصاج وهو ٠.٠٠٠ متر أي ٠.٠٠٠ متر على ١، يكون مقدار البعد بين

محوری کل مسمارین متابعین پساوی ۸ ر ۴، ملی متر

وحيث أن البعد بين محوري كل مسارين متتابعين من مسامير البرشام يلزم ان يحقق المعادلة

$$2 = 2$$

التي فيها ١ ومن البعد بين محوري مسارين متتابعين λ س ومن البعد الصاج فينتد يلزم ان يكون البعد بين محوري كل مسارين متتابعين مساويا الى λ ميليمتر وعليه فلا يصح وضع المسامير المذكورة على صف واحد بل يلزم وضعها على ثلاثة صفوف متوازي ومنعا شرجيا كما في الشكل بحيث يشغل كل صف على سبعة مسامير واذا اعتبر ان معامل مقاومة الالتصاق M يساوي معامل مقاومة الصاج m يكون

م = مَ وقانون م = $\frac{د}{طس}$ یوں الی م = $\frac{ل}{طس}$

أعني ان عدد المسامد في هذه الحالة يكون نصف

عدد المسامير في الحالة السابقة أعنى أنه يكون

$\sim = 0.5$ أو $\sim = 1$ مسبارا

وحينئذ فينتضى وضع الماسيد المذكوره على صفين

وصفا شطرنجیا

وَأَمَّا قِطْرُ مَسَارِ الْبُرْشَامِ فَأَنَّهُ بِنَاءٌ عَلَى مُعَادِلَةِ $5 = 5$ س

کیون ساویا الی روۛ میلی متر

(مسألة ١٤) - المطلوب إيجاد عدد المسامير في المسألة السابقة باستعمال غطاء، لحام ومرمطة

توزيع جانب من الحمل الكلى بواسطة كل صف من المسامير على غطاء الحمام

الجواب - فضع ش = م س ی (۱)

(c) $\dots\dots\dots \frac{1}{2} = 2$

(۳) $\frac{1}{2}m \approx \frac{p}{4} = \text{شی}$

۱. رام س (ل - پ و) = ش - ش (۴)

$$(o) \dots\dots\dots = \frac{5}{3} m \times \frac{1}{2}$$

(۶) رام س (۱-۵) = ش-ش-ش (۶) و مکنا

التي فيها ش رمز الحمل الذي يقاوم قطاع الصابج غير المقطوع اس ومن لسهك الصابج ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤ ٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨ ٢٩ ٣٠ ٣١ ٣٢ ٣٣ ٣٤ ٣٥ ٣٦ ٣٧ ٣٨ ٣٩ ٤٠ ٤١ ٤٢ ٤٣ ٤٤ ٤٥ ٤٦ ٤٧ ٤٨ ٤٩ ٥٠ ٥١ ٥٢ ٥٣ ٥٤ ٥٥ ٥٦ ٥٧ ٥٨ ٥٩ ٦٠ ٦١ ٦٢ ٦٣ ٦٤ ٦٥ ٦٦ ٦٧ ٦٨ ٦٩ ٧٠ ٧١ ٧٢ ٧٣ ٧٤ ٧٥ ٧٦ ٧٧ ٧٨ ٧٩ ٨٠ ٨١ ٨٢ ٨٣ ٨٤ ٨٥ ٨٦ ٨٧ ٨٨ ٨٩ ٩٠ ٩١ ٩٢ ٩٣ ٩٤ ٩٥ ٩٦ ٩٧ ٩٨ ٩٩ ١٠٠ ١٠١ ١٠٢ ١٠٣ ١٠٤ ١٠٥ ١٠٦ ١٠٧ ١٠٨ ١٠٩ ١١٠ ١١١ ١١٢ ١١٣ ١١٤ ١١٥ ١١٦ ١١٧ ١١٨ ١١٩ ١٢٠ ١٢١ ١٢٢ ١٢٣ ١٢٤ ١٢٥ ١٢٦ ١٢٧ ١٢٨ ١٢٩ ١٣٠ ١٣١ ١٣٢ ١٣٣ ١٣٤ ١٣٥ ١٣٦ ١٣٧ ١٣٨ ١٣٩ ١٤٠ ١٤١ ١٤٢ ١٤٣ ١٤٤ ١٤٥ ١٤٦ ١٤٧ ١٤٨ ١٤٩ ١٥٠ ١٥١ ١٥٢ ١٥٣ ١٥٤ ١٥٥ ١٥٦ ١٥٧ ١٥٨ ١٥٩ ١٦٠ ١٦١ ١٦٢ ١٦٣ ١٦٤ ١٦٥ ١٦٦ ١٦٧ ١٦٨ ١٦٩ ١٧٠ ١٧١ ١٧٢ ١٧٣ ١٧٤ ١٧٥ ١٧٦ ١٧٧ ١٧٨ ١٧٩ ١٨٠ ١٨١ ١٨٢ ١٨٣ ١٨٤ ١٨٥ ١٨٦ ١٨٧ ١٨٨ ١٨٩ ١٩٠ ١٩١ ١٩٢ ١٩٣ ١٩٤ ١٩٥ ١٩٦ ١٩٧ ١٩٨ ١٩٩ ٢٠٠ ٢٠١ ٢٠٢ ٢٠٣ ٢٠٤ ٢٠٥ ٢٠٦ ٢٠٧ ٢٠٨ ٢٠٩ ٢١٠ ٢١١ ٢١٢ ٢١٣ ٢١٤ ٢١٥ ٢١٦ ٢١٧ ٢١٨ ٢١٩ ٢٢٠ ٢٢١ ٢٢٢ ٢٢٣ ٢٢٤ ٢٢٥ ٢٢٦ ٢٢٧ ٢٢٨ ٢٢٩ ٢٣٠ ٢٣١ ٢٣٢ ٢٣٣ ٢٣٤ ٢٣٥ ٢٣٦ ٢٣٧ ٢٣٨ ٢٣٩ ٢٤٠ ٢٤١ ٢٤٢ ٢٤٣ ٢٤٤ ٢٤٥ ٢٤٦ ٢٤٧ ٢٤٨ ٢٤٩ ٢٥٠ ٢٥١ ٢٥٢ ٢٥٣ ٢٥٤ ٢٥٥ ٢٥٦ ٢٥٧ ٢٥٨ ٢٥٩ ٢٦٠ ٢٦١ ٢٦٢ ٢٦٣ ٢٦٤ ٢٦٥ ٢٦٦ ٢٦٧ ٢٦٨ ٢٦٩ ٢٧٠ ٢٧١ ٢٧٢ ٢٧٣ ٢٧٤ ٢٧٥ ٢٧٦ ٢٧٧ ٢٧٨ ٢٧٩ ٢٨٠ ٢٨١ ٢٨٢ ٢٨٣ ٢٨٤ ٢٨٥ ٢٨٦ ٢٨٧ ٢٨٨ ٢٨٩ ٢٩٠ ٢٩١ ٢٩٢ ٢٩٣ ٢٩٤ ٢٩٥ ٢٩٦ ٢٩٧ ٢٩٨ ٢٩٩ ٣٠٠ ٣٠١ ٣٠٢ ٣٠٣ ٣٠٤ ٣٠٥ ٣٠٦ ٣٠٧ ٣٠٨ ٣٠٩ ٣١٠ ٣١١ ٣١٢ ٣١٣ ٣١٤ ٣١٥ ٣١٦ ٣١٧ ٣١٨ ٣١٩ ٣٢٠ ٣٢١ ٣٢٢ ٣٢٣ ٣٢٤ ٣٢٥ ٣٢٦ ٣٢٧ ٣٢٨ ٣٢٩ ٣٣٠ ٣٣١ ٣٣٢ ٣٣٣ ٣٣٤ ٣٣٥ ٣٣٦ ٣٣٧ ٣٣٨ ٣٣٩ ٣٤٠ ٣٤١ ٣٤٢ ٣٤٣ ٣٤٤ ٣٤٥ ٣٤٦ ٣٤٧ ٣٤٨ ٣٤٩ ٣٥٠ ٣٥١ ٣٥٢ ٣٥٣ ٣٥٤ ٣٥٥ ٣٥٦ ٣٥٧ ٣٥٨ ٣٥٩ ٣٦٠ ٣٦١ ٣٦٢ ٣٦٣ ٣٦٤ ٣٦٥ ٣٦٦ ٣٦٧ ٣٦٨ ٣٦٩ ٣٧٠ ٣٧١ ٣٧٢ ٣٧٣ ٣٧٤ ٣٧٥ ٣٧٦ ٣٧٧ ٣٧٨ ٣٧٩ ٣٨٠ ٣٨١ ٣٨٢ ٣٨٣ ٣٨٤ ٣٨٥ ٣٨٦ ٣٨٧ ٣٨٨ ٣٨٩ ٣٩٠ ٣٩١ ٣٩٢ ٣٩٣ ٣٩٤ ٣٩٥ ٣٩٦ ٣٩٧ ٣٩٨ ٣٩٩ ٤٠٠ ٤٠١ ٤٠٢ ٤٠٣ ٤٠٤ ٤٠٥ ٤٠٦ ٤٠٧ ٤٠٨ ٤٠٩ ٤١٠ ٤١١ ٤١٢ ٤١٣ ٤١٤ ٤١٥ ٤١٦ ٤١٧ ٤١٨ ٤١٩ ٤٢٠ ٤٢١ ٤٢٢ ٤٢٣ ٤٢٤ ٤٢٥ ٤٢٦ ٤٢٧ ٤٢٨ ٤٢٩ ٤٣٠ ٤٣١ ٤٣٢ ٤٣٣ ٤٣٤ ٤٣٥ ٤٣٦ ٤٣٧ ٤٣٨ ٤٣٩ ٤٤٠ ٤٤١ ٤٤٢ ٤٤٣ ٤٤٤ ٤٤٥ ٤٤٦ ٤٤٧ ٤٤٨ ٤٤٩ ٤٥٠ ٤٥١ ٤٥٢ ٤٥٣ ٤٥٤ ٤٥٥ ٤٥٦ ٤٥٧ ٤٥٨ ٤٥٩ ٤٦٠ ٤٦١ ٤٦٢ ٤٦٣ ٤٦٤ ٤٦٥ ٤٦٦ ٤٦٧ ٤٦٨ ٤٦٩ ٤٧٠ ٤٧١ ٤٧٢ ٤٧٣ ٤٧٤ ٤٧٥ ٤٧٦ ٤٧٧ ٤٧٨ ٤٧٩ ٤٨٠ ٤٨١ ٤٨٢ ٤٨٣ ٤٨٤ ٤٨٥ ٤٨٦ ٤٨٧ ٤٨٨ ٤٨٩ ٤٩٠ ٤٩١ ٤٩٢ ٤٩٣ ٤٩٤ ٤٩٥ ٤٩٦ ٤٩٧ ٤٩٨ ٤٩٩ ٥٠٠ ٥٠١ ٥٠٢ ٥٠٣ ٥٠٤ ٥٠٥ ٥٠٦ ٥٠٧ ٥٠٨ ٥٠٩ ٥١٠ ٥١١ ٥١٢ ٥١٣ ٥١٤ ٥١٥ ٥١٦ ٥١٧ ٥١٨ ٥١٩ ٥٢٠ ٥٢١ ٥٢٢ ٥٢٣ ٥٢٤ ٥٢٥ ٥٢٦ ٥٢٧ ٥٢٨ ٥٢٩ ٥٣٠ ٥٣١ ٥٣٢ ٥٣٣ ٥٣٤ ٥٣٥ ٥٣٦ ٥٣٧ ٥٣٨ ٥٣٩ ٥٤٠ ٥٤١ ٥٤٢ ٥٤٣ ٥٤٤ ٥٤٥ ٥٤٦ ٥٤٧ ٥٤٨ ٥٤٩ ٥٥٠ ٥٥١ ٥٥٢ ٥٥٣ ٥٥٤ ٥٥٥ ٥٥٦ ٥٥٧ ٥٥٨ ٥٥٩ ٥٦٠ ٥٦١ ٥٦٢ ٥٦٣ ٥٦٤ ٥٦٥ ٥٦٦ ٥٦٧ ٥٦٨ ٥٦٩ ٥٧٠ ٥٧١ ٥٧٢ ٥٧٣ ٥٧٤ ٥٧٥ ٥٧٦ ٥٧٧ ٥٧٨ ٥٧٩ ٥٨٠ ٥٨١ ٥٨٢ ٥٨٣ ٥٨٤ ٥٨٥ ٥٨٦ ٥٨٧ ٥٨٨ ٥٨٩ ٥٩٠ ٥٩١ ٥٩٢ ٥٩٣ ٥٩٤ ٥٩٥ ٥٩٦ ٥٩٧ ٥٩٨ ٥٩٩ ٦٠٠ ٦٠١ ٦٠٢ ٦٠٣ ٦٠٤ ٦٠٥ ٦٠٦ ٦٠٧ ٦٠٨ ٦٠٩ ٦١٠ ٦١١ ٦١٢

ام ومن لمعامل مقاومة الصباح
وحينئذ بناء على منطوق المسألة يكون

ش = $500 \times 10 \times 7 = 50000$ کلوگرام

$$V_{\text{eff}} = C_{\text{eff}} V = \frac{0.001}{0.010} \times \frac{1}{7} = 2.1$$

نی = $\frac{2 \times 10^{-12}}{2} \times 2 \times 2 \times 10 = 4 \times 10^{-12}$ کیوجرام

رام س (ل-پہ ۷) = ش - ش = ۷۵۸۱۰ کیلوگرام او

۲۶۸۰ = ۴۵۰۸۱۲۷۵ - ۶۲۰۰۰ و منها یجدث

$$D = 4, V_L = \frac{1491 \text{ A}}{27 \text{ A}} = 2$$

وہیاء علی معادلہ (۵) یکون

۷۵، ۷۴، ۷۳ = مش او

پیش = ۱۵۴۶۴۶۰ = ۵ × ۳۰۹۲۹۰ کیلوگرام

ش-ش-ش = ۲۷۱۸ کیلوگرام

وہمذکور

وینا و علی معادله (۶) یکونف $62000 - 25718 = 36282$ و منها یجود

$$A_5 = \frac{2 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 2} = 2$$

و بناء على المعادلة المشابهة للمعادلة (۲) او (۵) يكون $\text{ش} = ۷۵۷۷۷۷۷۷ \times ۸ = ۱۹۷۸۷۷۷۷$ كيلوجرام

وچینڈیکون ش - ش - ش - ش = ۱۷۹۵۶ کلوگرام

وہیں کہ یوں

ونناء على المعادلة المشابهة لمعادلة (٤) أو (٦) يكون

... ٦٤ - ١٢٩٤٦ = ٤٧٨٠ ۛ و منها بحدث

$$12 = 12.5 = \frac{0.075}{0.005} = 15$$

ولكن حيث أن عدد المساعدين في الصف الرابع يلزم أن يحقق معادلة $2 = 4s + 60$ ميليمتر وأن

$$\frac{500}{14} = 35,71 \text{ و } 28 \text{ مبلیمت}$$

فحينئذ يقتصر في عدد الصفوف الى الصف الثالث فقط وحيث انه يلزم وضع الماسامير وضعا شطرنجيا على صفوف موازية لحظ الختام من الطرفين كما يشاهد من الشكل وان اعتبار عدد ماسامير الصف الاول

١٤٠٠٠٠ كيلوجرام مع ملاحظة ان يكون محملا بسدس حمل الكسر وان معامل المقاومة للكسر
بالنسبة للميلية المربع هو ٧٥ كيلوجرام فما هو مقدار قطر العمود المذكور
لجواب - باستعمال قانون هود كينسون نضع

$$٧٤٠٠٠٠ = ٨٥ \times ٨٤ \times ٧٥ \times \frac{٤}{٤٠٠٠} \quad (١) \dots \text{ومن حيث}$$

$$٨٧ \times ١١٥٠٠ = ٤٠٠٠ \times ٤ \quad \text{وبأخذ لو غاريتم الطرفين يحدث}$$

$$\text{لو } ٨٧ \times ١١٥٠٠ = ٤٠٠٠ \times \text{لو } ٤ \quad \text{ومن حيث}$$

$$\text{لو } ٤ = \frac{\text{لو } ٨٧ \times ١١٥٠٠}{٤٠٠٠} \quad \text{أو}$$

$$٤ = ١٨٨٠٠٦ \text{ ميليمتر} \quad \text{أو } ٤ = ١٨٨٠٠٠ \text{ ميليمتر}$$

$$\text{وحيث أن } \frac{٤}{١٨٨} = \frac{٤٠٠٠}{٤٨٨} \quad \text{أو}$$

أعني أن ارتفاع العمود أقل من ٣٠ سم قطع فينتد يجب تقصير المقدار السابق للقطر بأن
يجب أولا الحسب ح من القانون

$$\frac{٢}{٢٧٥ + \frac{٢}{٢}} = \frac{٢}{٢}$$

الذي فيه يجعل $٢ = ٧٤٠٠٠٠$ ويستخرج مقدار ح وحيث يكون

$$\frac{٢ \times ٧٥}{٢ - ٢} = \frac{٢}{٢} \quad \text{أو}$$

$$\frac{٧٤٠٠٠٠ \times ٧٥ \times ٧٥ \times ٧٥}{٧٤٠٠٠٠ - ٧٥ \times ٧٥} = \frac{٧٤٠٠٠٠ \times ٧٥ \times ٧٥ \times ٧٥}{٧٤٠٠٠٠ - ٧٥ \times ٧٥} \quad \text{كيلوجرام}$$

ثم يوضع مقدار ح هذا في قانون (١) بدلا عن ٧٤٠٠٠٠ ويجب مقدار ٤ فيكون

$$\text{لو } ٤ = \frac{\text{لو } ٨٧ \times ١١٥٠٠}{٤٠٠٠} \quad \text{أو}$$

$$٤ = ١٧٤٠٠٨ \text{ ميليمتر} \quad \text{أو } ٤ = ١٧٤٠٠٠ \text{ ميليمتر}$$

وباستعمال قانون لوف في حل هذه المسألة نضع

$$\frac{٢ \times ٧٥}{٢ - ٢} = \frac{٢}{٢} \quad \text{ومن حيث}$$

$$٤٥ \text{ راج } ٤ + ٢٠٠٤٤٧ \times \left(\frac{٢}{٢}\right) = \frac{٢}{٢} \times ٢ \quad \text{أو}$$

$$٤٥ \text{ راج } ٤ + ٢٠٠٤٤٧ \times ٢ = \frac{٢}{٢} \times ٢$$

وبفرض ان $٤ = ٢$ يكون

$$\frac{٢}{٢} \times ٢ - ٤٥ \text{ راج } ٤ - ٢٠٠٤٤٧ \times ٢ = ٠ \quad \text{أو}$$

$$\frac{٢}{٢} \times ٢ - ٤٥ \text{ راج } ٤ - \frac{٢ \times ٢٠٠٤٤٧ \times ٢}{٢} = ٠ \quad \text{ومن هنا يحدث}$$

$$= ٢$$

$$\frac{4.247 \times 4 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-3}}{(م ط)^2} + \left(\frac{4 \times 10^{-3}}{م ط} \right) \sqrt{\pm \frac{4 \times 10^{-3}}{م ط}} = 4.247$$

وباستخراج مقدار ϵ بالملي مترات من هذه المعادلة بعد ان يوضع عوضا عن الرموز مقاديرها وملاحظة أن في هذه الحالة $م = ١٤ كيلوجرام / ح = ١٤٠٠٠٠ ل = ٤٠٠٠$ يكون

$$\epsilon = ٤٦.٤٤٣٦٤ \text{ و عليه يكون}$$

$$\epsilon = \sqrt{٤٦.٤٤٣٦٤} = ١٨٩.٨ \text{ أو } \epsilon = ١٩٠ \text{ ملي متر}$$

وبمقارنة مقدار ϵ الناتج من قانون هودكينسون بمقدار ϵ الناتج من قانون لوف يرى أن المقدار الأخير يقرب من مقدار ϵ الناتج من قانون هودكينسون قبل التصليح ويبعد عن المقدار الناتج بعد التصليح

وحيث أن ارتفاع العمود أقل من ٣٠ مرة القطر فيجب حينئذ استعمال قانون لوف الذي هو

$$ح = \frac{م \times \frac{ط}{٤}}{١ + ٠.٦٨ \times \frac{ط}{٤}} \text{ ومنه يحدث}$$

$$٠.٦٨ ح + ١ \times \frac{ط}{٤} ح = م \times \frac{ط}{٤} \text{ أو}$$

$$٠.٦٨ ح + ٤ = ح \times \frac{ط}{٤} \text{ أو}$$

$$\epsilon = \frac{٠.٦٨ \times ٤}{٤ - ٠.٦٨} = \frac{١.٣٦}{٣.٣٢} = ٠.٤١ \text{ أو } ٤١٩١٧١٩.٧٤$$

$$\epsilon = ٤١٩١٧١٩.٧٤ - ٥٨٤١٥٩٤ = ٤٨٩١٧١٩.٧٤$$

أو

ومن هذه المعادلة يرى أن مقدار القطر ϵ محصور بين ١٨٦ ملي متر ، ١٨٧ ملي متر أي أنه

١٨٦ ملي متر وكسور

ويرى من ذلك أن هذا المقدار يقرب جدا من المقدار غير المصحح الناتج من قانون هودكينسون (مسألة ١٦) - إذا كان عمود من الحديد قطر ٤٠ ر. متر وطوله ٦ متر فإيكون مقدار الحمل الذي يمكن أن يحمله مع الأمن من بعد معلومية أن معامل المقاومة $م = ٦$ كيلوجرام بالنسبة للملي متر المربع

$$\text{الجواب - حيث أن } \frac{ك}{٤} = \frac{٦٠٠ \text{ سنتي متر}}{٤ \times ١٠٠ \text{ سنتي متر}} = ١.٥$$

أعني أن $\frac{ك}{٤}$ محصور بين ١.٥ فيلزم استعمال قانون

$$ح = \frac{م}{١ + ٠.٦٨ \times \frac{ك}{٤}}$$

وإذا وضع في هذا القانون عوضا عن الرموز مقاديرها يحدث

$$ح = \frac{٤٤٤٩٠٠}{١ + ٠.٦٨ \times ١.٥} = ٢٥٦٩٠.٩ \text{ كيلوجرام}$$

$$ح = \frac{م}{١ + ٠.٦٨ \times \frac{ك}{٤}}$$

$$ح = ٢٤٢٢٢٨ \text{ كيلوجرام}$$

وباستعمال قانون

يكون

وهذا المقدار أصغر من المقدار السابق إيجاد الذي يلزم أن يعول عليه في هذه الحالة
مسألة (١٧) المعلوم سطح من الأرض الرخوة قدره ١٥٠ متر مربعاً والمطلوب بناء منزل عليه بحيث
أن الثقل الكلي لبنا المذكور مع ما يتعلق به يساوي ١٥٠٠ طون فولاته فاهو عدد الخوازيق الخشبية
اللازم أن يؤسس عليها من بعد معلومية أن قطاع كل خازوق يساوي ١٥٠ سنتي متر مربعاً
وان معامل المقاومة يساوي ٥٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتي متر المربع
الجواب - نرمز لعدد الخوازيق المطبوعة بالرمز x فيكون

$$٢٨٥٠٧ = \frac{١٥٠٠}{٤٥} = \frac{١٥٠٠ \times ١٥٠٠}{٤٥ \times ١٥٠}$$

$$\text{أو أن } ٢٨٦ = \text{خازوقاً}$$

مسألة (١٨) - إذا كان المطلوب تشييد قران اسطواني لآلة بخارية قطع الداخل ١ متر ونصف
قدره ٥ جوات فإيكون مقدار سمك صاج القران المذكور
الجواب - نضع $s = ١٨٨ + (١ - s) + ٢$ ميلي متر
وإذا وضع في هذا القانون عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث
 $s = ١٠٢٤$ ميلي متر

مسألة (١٩) - المطلوب عمل حوض اسطواني من الصاج قطع الداخل ٢٦ متر وارتفاعه ٥١ متر
معد للئله بالماء بحيث يكون ارتفاعه منقسماً الى ثلاثة اقسام متساوية كل منها له سمك ثابت من
بعد معلومية أن معامل المقاومة يساوي ٧ كيلوجرام بالنسبة للميلي متر المربع
الجواب - نرمز لاسماء الأقسام الثلاثة المذكورة بالابتداء من القسم الأسفل
بالرموز s, s, s فيكون

$$s = \frac{١٥٠٠}{٢٦} = ٥٧٠٠٠ + ٢٠٠٠٠ \text{ متر}$$

$$s = \frac{١٥٠٠}{٢٦} = ٥٧٠٠٠ + ٢٠٠٠٠ \text{ متر}$$

$$s = \frac{١٥٠٠}{٢٦} = ٥٧٠٠٠ + ٢٠٠٠٠ \text{ متر}$$

وإذا وضع على التوالي في هذه المعادلات عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث

$$s = ٥٦٠٠٠ \text{ ميلي متر}, s = ٥٦٠٠٠ \text{ ميلي متر}, s = ٥٦٠٠٠ \text{ ميلي متر}$$

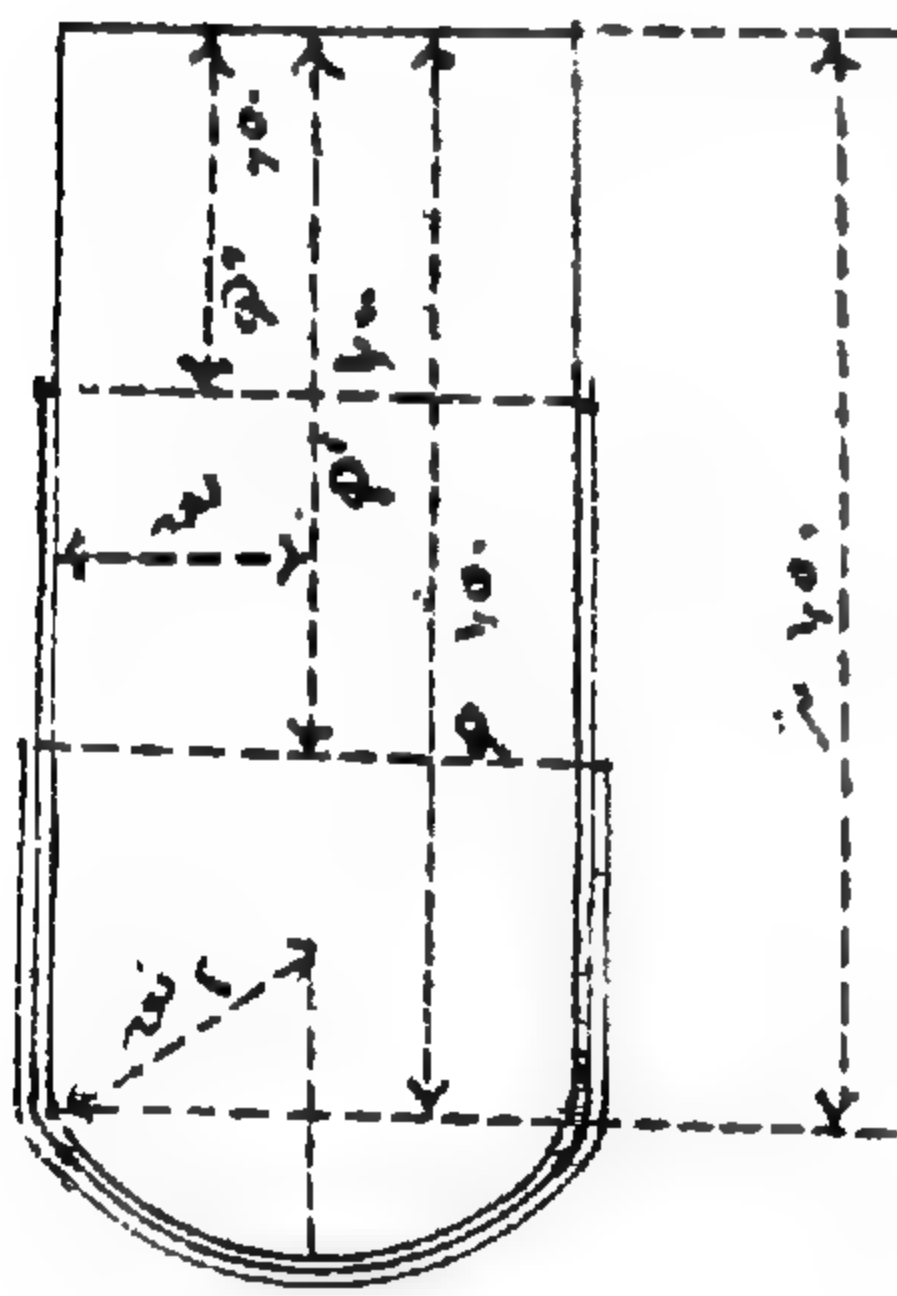
وأما سمك القاع فيكون مساوياً لسمك القسم الأسفل سواء كان القاع المذكور مستوياً أو منحنيًا نصف
قطر الخنائه مساوٍ لقطر الحوض من الداخل

(مسألة ٢٠) - ماسورة توصيل مياه من الحديد قطرها الداخل ٤٠ متر معرضة لضغط قدره ٨ جوات
فإيكون مقدار سمك الماسورة المذكورة

$$\text{الجواب - نضع } s = ٤٠ + ٢$$

وبناء على الجدول المذكور في صحيفة (٤٠٤) جزء اول يكون

$$٢٨٦ = ١٥٠٠$$



ل = ٨٦٠٠٠ ز ١٠٠٠٠ = ٩٦٠٠٠ م
واذا وضع حينئذ عوضا عن الرموز مقاديرها في القانون المذكور يحدث

$$س = ٨٦٠٠٠ ز ١٠٠٠٠ = ٩٦٠٠٠ م$$

$$س = ٧٥ ميلومتر$$

مسألة (١٤) - اذا كان القطر الداخل لاسطوانة المضغط الايدي ليكن يساوي ٤.٥ متر وان هذا المضغط يمكن ان يشتغل تحت ضغط قدره ٥.٥ جوا والمطلوب معرفة سمك الاسطوانة المذكورة من بعد معلومية ان معامل المقاومة بالنسبة لليلى متر المربع يساوي ٦ كيلوجرام

$$س = ٧٥ ميلومتر$$

وحيث ان د عبارة عن الضغط الواقع على الوحدة السطحية من سطح اسطوانة المضغط المذكور فاذا وضع عن الرموز مقاديرها في القانون المذكور يحدث

$$س = ٧٥ ميلومتر$$

(مسألة ١٥) عتب من الخشب قطاعه مستطيل ثابت طوله ٤.٥ متر مثبت افقيا من احدى نهايتيه ومحمل

في النهاية الأخرى المطلقة بجل قدره ٣ طونولان والبعد

الرأسي للقطاع يساوي ٥.٥ متر والمطلوب معرفة مقدار

البعد الافقى للقطاع المذكور ثم مقدار سهم الخشاء الطرف

المطلق للعتب المذكور من بعد معلومية ان معامل المقاومة يساوي

٨. كيلوجرام بالنسبة لمستقيم متر المربع وان معامل المرونة

بالنسبة للمستقيم المربع يساوي ١٠٠٠٠

$$س = ٧٥ ميلومتر$$

وحيث ان عزم قصور القطاع = $\frac{1}{12} ب ه^3$ فالمعادلة السابقة تقول الى

$$\frac{1}{12} ب ه^3 = ٧٥$$

$$ب = \frac{٧٥ \times ١٢}{ه^3}$$

واذا وضع في هذه المعادلة عوضا عن الرموز مقاديرها يحدث

$$ب = \frac{٧٥ \times ١٢}{٥.٥^3} = \frac{٧٥ \times ١٢}{١٥٠.٠٦٢٥} = ٠.٥٩٦$$

$$ب = ٠.٥٩٦ متر اعني ان البعد الافقى للقطاع = ٠.٥٩٦ متر$$

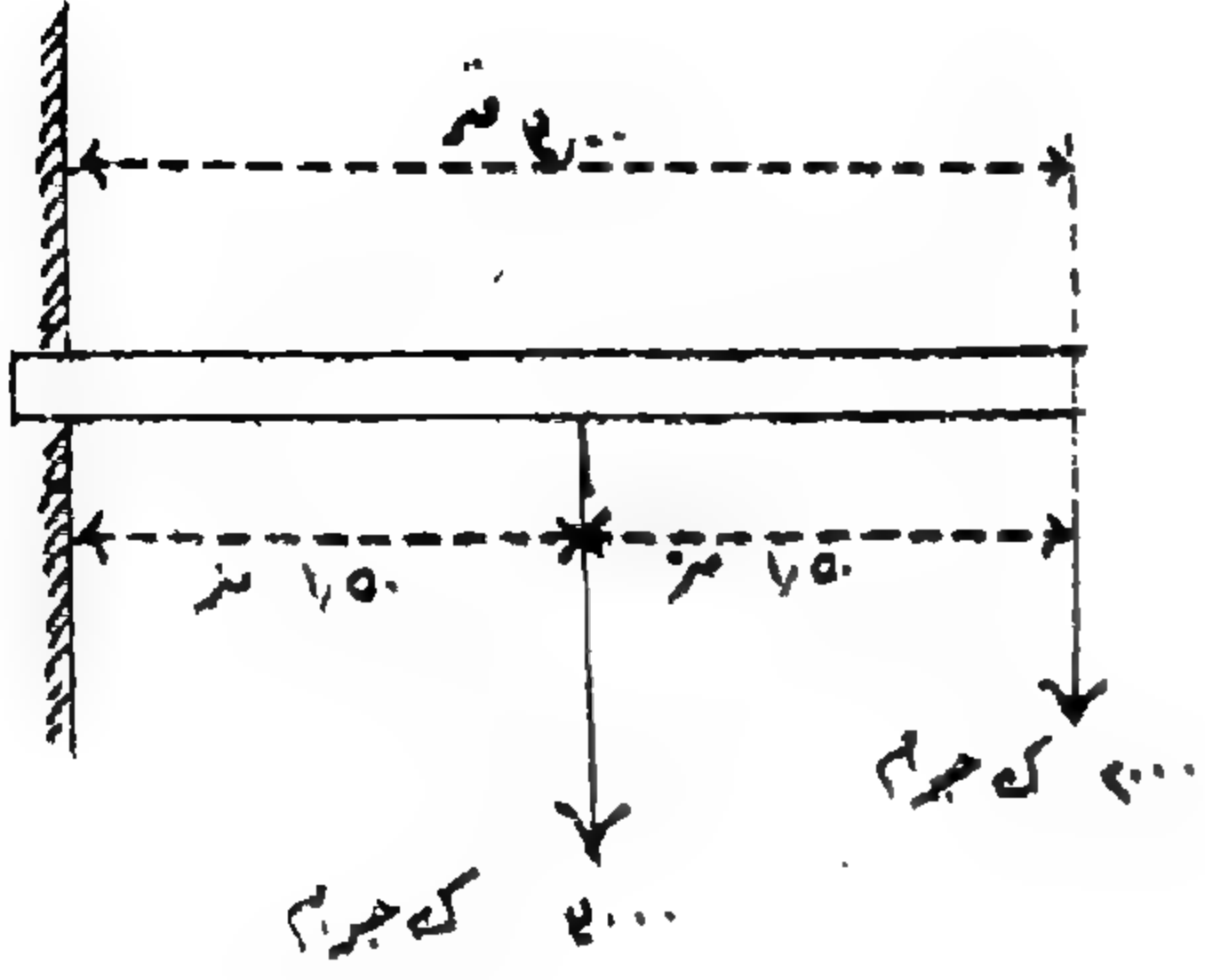
وحساب سهم الخشاء الطرف المطلق نضع

$$ف = \frac{١}{٣} ب ه^2$$

واذا وضع في هذه المعادلة عوضا عن الرموز مقاديرها يحدث

$$ف = \frac{١}{٣} \times ٠.٥٩٦ \times ٥.٥^2 = \frac{١٦٨ \times ٠.٥٩٦}{١٤٠٠} = ٠.٠٧٦$$

(مسألة ٢٣) - عتب من الخشب قطاعه مربع طوله ٢ م متر مثبت افقيا من احدى الطرفين ومطلق من الطرف الآخر ومحمل في الطرف المطلق بحمل قدره



٢ طونولاً ومن الوسط بحمل قدره ٣ طونولاً والمطلوب معرفة ضلع القطاع من بعد معلومية ان معامل المقاومة

يساوي ٧٥ كيلوجرام بالنسبة للسنتي متر المربع

الجواب - نضع

$$\frac{4000}{2} = \frac{3000}{1} + \frac{4000}{2} \quad \text{أو}$$

$$\frac{4000}{2} = \frac{3000 + 4000}{2}$$

واذا وضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث

$$\frac{4000}{75} = \frac{3 \times 3000 + 4000 \times 2}{750000} \quad \text{أو}$$

$$\frac{4000}{75} = \frac{3000 + 8000}{750000} \quad \text{أو} \quad 18.8 = \frac{3000 + 8000}{750000} \times 75$$

أعني ان ضلع القطاع العتب يساوي ١٨.٨ م

(مسألة ٢٤) - عتب من الحديد قطاعه ثابت على شكل ضعف حرف التاء ابعاده كما هو

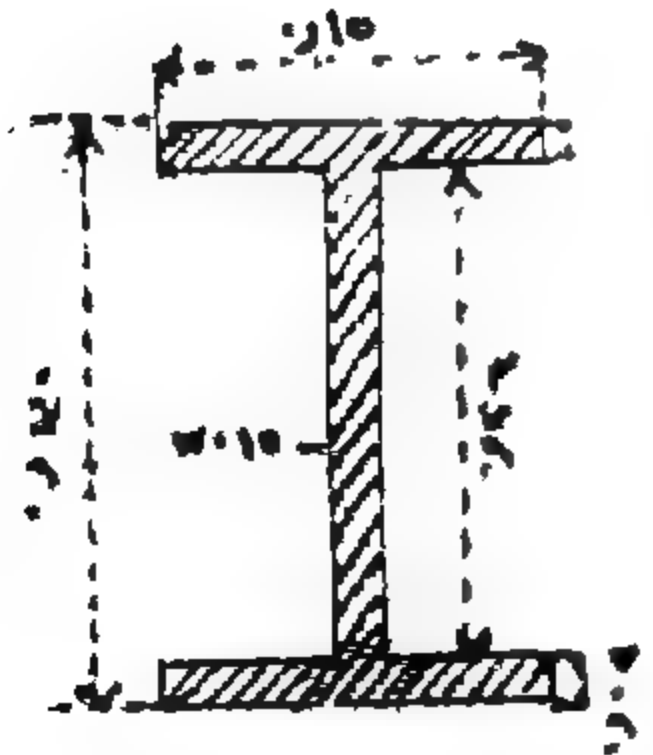
موضح في الشكل وطول العتب المذكور ٦ م وهو مثبت افقيا من احدى الطرفين ومطلق من الطرف الآخر ومحمل بحمل موزع بانتظام على طوله والمطلوب معرفة مقدار الحمل الموزع بانتظام على المتر

الطولي من العتب المذكور بعد ملاحظة ان معامل المقاومة بالنسبة للمتر المربع يساوي ٨ كيلوجرام وان معامل المرونة بالنسبة للمتر المربع يساوي ١٠٠٠٠ كيلوجرام ثم تعيين مقدار سهم انحناء

الطرف المطلق وتحقيق القطاع المفروض بالحمل القاطع كذلك

الجواب - نضع $E = \frac{100000}{1000000}$

وحيث ان $\frac{1}{1000000} = \frac{1}{1000000} \times 1000000 = 1$ م = ٨٠٠٠٠٠٠ يكون



$$E = \frac{100000 \times 800000 \times 1000000}{7466767} = \frac{80000000000000}{7466767}$$

وحيث ان في هذه المسألة $E = \frac{1}{1000000}$ فيكون

$$\frac{1}{1000000} = \frac{80000000000000}{7466767}$$

$$1000000 = \frac{80000000000000}{7466767} \times 1000000 = 106944744$$

وهو مقدار الحمل الموزع بانتظام على المتر الطولي من العتب المفروض

ولحساب سهم انحناء النهاية المطلقة للعتب المفروض نضع

$$f = \frac{1}{8} \times \frac{1}{1000000} \times \frac{1}{1000000} = \frac{1}{80000000000000} \times \frac{1}{1000000} = 1.25 \times 10^{-25}$$

اعني ان سهم الخشاء الطرف المطلق للعب المفروض يساوي ر، مبهمة ولتحقيق قطاع العتب بالحمل القاطع نرسم القطاع المذكور بالرسم ب. وحينئذ يلزم ان يكون

$$م \leq د$$

وحيث ان $د = ٩٩٠٠٠$ متر مربع فيكون

$$م = ٨٠٠٠٠٠ \times ٩٩٠٠٠ = ٧٩٢٠٠٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

وكان $د = ٤٤٨٨٠٨٦$ كيلوجرام

فيفهم من ذلك ان قطاع العتب يتحمل لكل القاطع

(مسألة ٥) - اذا صار تحميل العتب المذكور في المسألة السابقة باحمال متزايدة بانتظام بكيفية مستمرة فما يكون مقدار الحمل الواقع في قطاع التثبيت وما مقدار محصلة تلك الاحمال وبعد نقطة تأثيرها عن قطاع التثبيت وما مقدار الحمل القاطع

الجواب - نضع $ع = \frac{1}{4} \leq ك$ وحيث كان

$$ع = \frac{٧٩٢٠٠٠٠}{٧٤٦٦٠٦٧} = ١٠٦٠٠ \text{ كيلوجرام فيكون}$$

$$\frac{1}{4} \leq ك = ٧٤٦٦٠٦٧ \text{ ومنها يحدث}$$

$$ك = ١٨٤٤٠٤١٥ \text{ كيلوجرام}$$

وحيث ان المحصلة د تساوي $\frac{1}{4} \leq ك$ فيكون

$$د = ٤٧٢٢٠٤٢٥ \text{ كيلوجرام}$$

واما بعد نقطة تأثير المحصلة المذكورة عن قطاع التثبيت فيساوي $\frac{1}{4} \leq ك$ اعني يساوي ر، م
واما مقدار الحمل القاطع الاكبر او الحمل القاطع بالنسبة لقطاع التثبيت فانه يتعين من المعادلة

$$ع = \frac{ك}{٤} (د - ر)$$

بفرض ان $س = ٠$ وعليه يكون

$$ع = \frac{1}{4} \leq ك = د = ٤٧٢٢٠٤٢٥ \text{ كيلوجرام}$$

(مسألة ٦) - عتب من الخشب قطاعه مربع مركزا فقيما على نقطتين طولهما ١٠ م وتحمل حمل قدره ١٥٠٠ كيلوجرام متباعد عن احد الطرفين ببعد قدره ٤ م والمطلوب معرفة مقدار ضلع القطاع من بعد معلومية ان معامل المقاومة يساوي ٨٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع ثم تعيين مقدار الحمل القاطع وتحقيق القطاع المذكور بالحمل القاطع ايضا

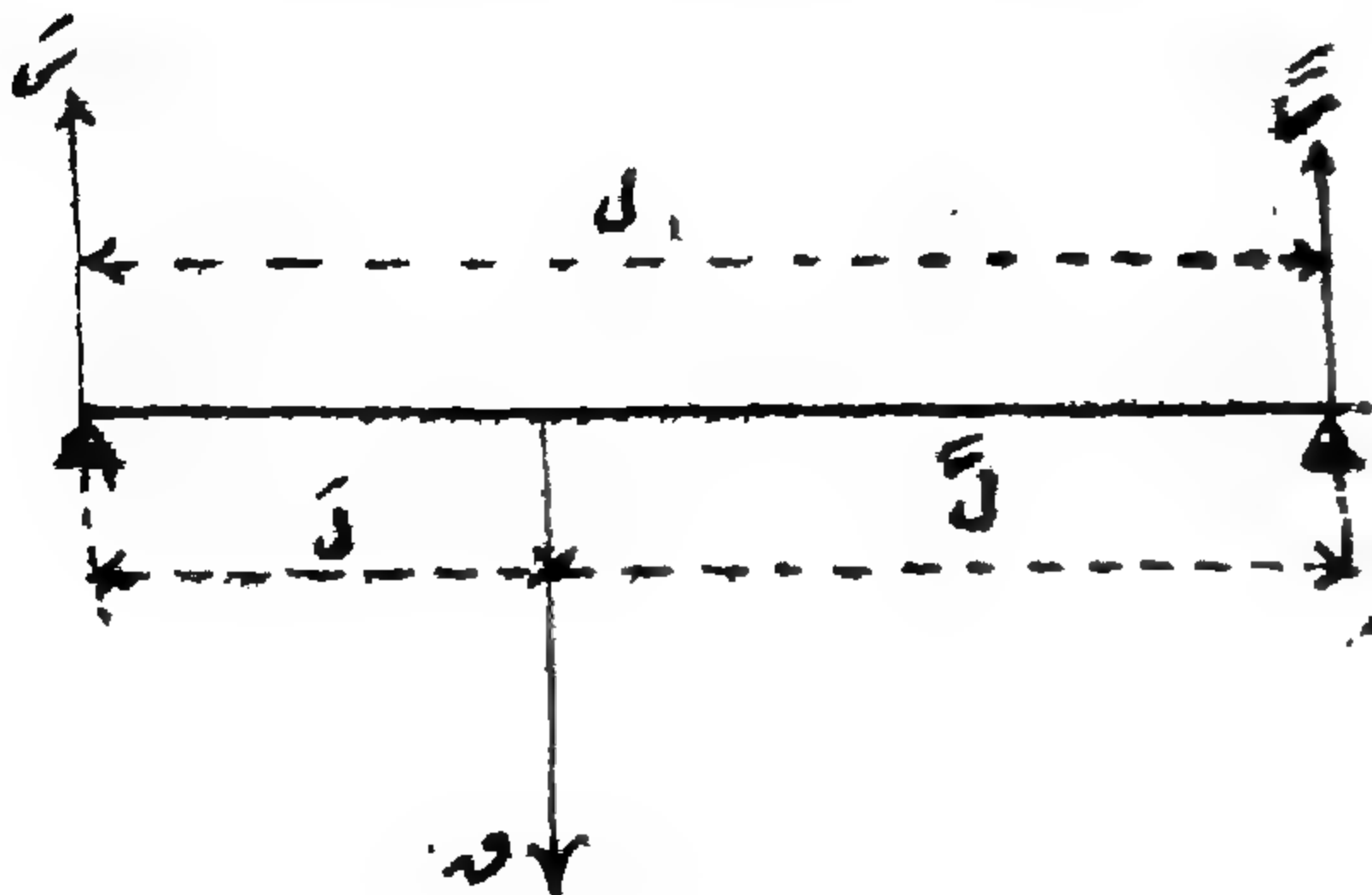
الجواب - نضع $ع = \frac{1}{4} \leq ك$ و

واذا وضع في هذه المعادلة عوضا عن الرموز مقاديرها يحدث

$$ع = \frac{٧ \times ٤}{١٠} \times ١٥٠٠ = ٤١٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

وحيث ان $ع = \frac{1}{4} \leq ك = ٤١٠٠$ فيكون

م ٠١٣ مقاومة مواد



$$x \times 80000 \times \frac{1}{16} = 3150 \text{ هـ ومنها}$$

$$x = \sqrt[4]{0.02565} = 0.2894 \text{ متر}$$

أعني أن ضلع القطاع يساوي ٢٩ سنتيمتر

وأما مقدار الحمل القاطع فإنه يتعين بمقدار أكبر ردى الفعلين أي أنه يساوي $\frac{1000 \times 7}{16} = 437.5$ كيلوجرام
وحيث أن $m = 80000 \times \frac{1}{16} = 5000$ كيلوجرام وكان $6748 < 1000$ فيكون قطاع
العب محققاً للحمل القاطع

(مسألة ٢٧) - المطلوب حساب قطاع اللعب السابق في (مسألة ٢٦) وتعيين الحمل القاطع وسهم
الاختفاء بفرض أن الحمل المذكور واقع في وسطه
الجواب - نضع $e = \frac{1}{4}$ دل

وإذا وضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث

$$e = \frac{1}{4} \times 1000 \times 10 = 2500$$

وحيث يكون $e = \frac{44}{100} = 0.44$ أو

$$x \times 80000 \times \frac{1}{16} = 2500 \text{ ومنها يحدث}$$

$$x = \sqrt[4]{0.0003125} = 0.044 \text{ متر}$$

وأما الحمل القاطع فإنه يساوي ٧٥٠ كيلوجرام

وأما سهم الاختفاء وسط اللعب فإنه يتعين من القانون

$$f = \frac{e}{\frac{1}{4} \times \frac{1}{16}} = \frac{0.44}{\frac{1}{64}} = 28.16$$

الذي فيه 9×10 بالنسبة للمثلث المربع وحيث يكون

$$f = 0.44 \text{ متر}$$

(مسألة ٢٨) - المطلوب حساب قطاع اللعب المذكور في (مسألة ٢٧) وتعيين الحمل القاطع وسهم

الاختفاء بفرض أن الحمل المذكور موزع على طول اللعب المفروض بانتظام

الجواب - نضع $e = \frac{1}{8}$ دل

وإذا وضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها يحدث

$$e = 1875 \text{ وحيث يكون}$$

$$e = \frac{44}{100} = 0.44 \text{ أو}$$

$$x \times 80000 \times \frac{1}{16} = 1875 \text{ ومنها يحدث}$$

$$x = \sqrt[4]{0.0002344} = 0.1264 \text{ متر}$$

وأما الحمل القاطع فإنه يساوي $\frac{1}{4} \times 750 = 187.5$ كيلوجرام

وأما سهم الاختفاء وسط اللعب فإنه يتعين من القانون

$$f = \frac{e}{\frac{1}{4} \times \frac{1}{16}} = \frac{0.44}{\frac{1}{64}} = 28.16$$

$$م.و.و.و = \frac{م}{و} \times \frac{و}{و} = \frac{و}{و} \left(\frac{م}{و} \right) \times \frac{و}{و} = ف$$

(مسألة ٢٩) - المعلوم عن من الحديد آت قطاعه مستطيل ارتفاعه يساوى ١٠ م. ومركزه أفقياً على نقطتين وطوله ١٢ م. وحمل بثلاثة أحمال الكمل الأول ٥ = ٦٠٠ كجم واقع في نقطة ١ المتباعدة عن ٢ بعد يساوى ٤ م. والثاني ٢ = ٨٠٠ كجم

واقع في نقطة - المتباعدة عن أبعد
يساوي ٩٠٠ مع الثالث = ٩٠٠

واقِع في نقطة α المتباعدة عن A بعد
يساوى ١٠ متر والمطلوب تعيين مقدار
البعد الأفقى للقطاع المذكور من بعد
ملاحظة أن معامل المقاومة يساوى
٦ كيلوجرام بالنسبة لليليمتر المربع

الجواب - يقال حيث ان عزم الانشاء
 الأعظم يوجد في احدى النقط الثلاث
 اما باء فيبحث عن عزم الانشاء في
 تلك النقط ويؤخذ اكبرها فيثبت اذا
 وصل عزم الانشاء في النقط المذكورة
 على التناظر بالرموز ع، ح، ع يكون

$$ع_1 = ا_1 + ه_1 + و_1 \quad ع_2 = ط_2 + ي_2 + ص_2 \quad ع_3 = ح_3 + ف_3 + ق_3$$

وإذا رمزنا بالرموز $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$ لردود افعال نقطتي الارتكاز $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$ بالنسبة للاحمال $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$ على التناظر يكون

$$\dot{v}_1 + \dot{v}_2 + \dot{v}_3 = v_1 \quad \dot{v}_4 + \dot{v}_5 + \dot{v}_6 = v_1$$

وحيث ان $200 = \frac{700 \times 8}{14} = 800$ | $400 = \frac{100 \times 20}{12} = 166$ | $150 = \frac{400 \times 4}{12} = 133$ فيكون

وبالمثل يكون $700 = 100 + 600 + 400 = 700$ كيلوجرام

وحيث ان $100 = 70 + 7 + 2 =$ كلوگرام

فیکون $۱۶۰۰ = ۲ \times ۸۰۰ = ۹۱۶$ $۸۰۰ = ۲ \times ۴۰۰ = ۵۱۶$ $۴۰۰ = ۲ \times ۲۰۰ = ۳۱۶$

وبالمثل يكون $400 = 1600 + 800 + 600 = 4$

$$C_{250} = 1800 + 700 + 1200 = \underline{\underline{3700}}$$

$$x_{1..} = x_{1..} + x_{2..} + x_{3..} = \sum_k$$

وحيث ان أكبر الثلاث عزز المذكورة هو $\epsilon = 0.5$ الواقع في نقطة ϵ فيحسب بموجبه البعد الأفقي

$$\frac{455}{9} = 50.55$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot x_i - \frac{1}{n} x_1 \cdot \dots \cdot x_n}{\sum_{i=1}^n x_i} = \mu_{\text{var}}$$

ومنہا یحدث $\hookrightarrow x_1 \dots = \hookrightarrow x_1 \dots x_1 \dots = 270.$

$$\frac{270}{9270} = \frac{1}{34} = 0.0294$$

$$e \dots = 2 \times v_0 = 2 \times v_1 = 2$$

$$6 \quad E_{V0} = E_{\dots} - 7V0.20 \times 7.0 - 9 \times V0. = 0 \times 2 - 9 \times 4 = -36$$

$$e_{1..} = \lambda_{..} - e_{7..} - v_{8..} = 1 \times 2 - 7 \times 2 - 1 \times 4 = -8$$

١ بعد مزين والمطلوب تعيين مقدار البعد
الافقي للقطاع المذكور من بعد ملاحظة
أن معامل المقاومة يساوى ٨ كيلو جرام
بالنسبة للليونة المربع ثم تحقيق ذلك بالحمل
القاطع وتعيين وضع القطاع الذى فيه
عزم الانثناء اعظم ما يمكن ثم الموضع الذى
يكون فيه الحمل القاطع معدوما

الجواب نضع $e = \frac{1}{2}(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{j}})$

وإذا وُضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز
مقاديرها وأجرى الحساب يحدث

$$A \vee A = A$$

وحيث انه يلزم ان يكون ع مساويا الى $\frac{22}{7}$ فيجدت

ع = $\frac{2\pi}{\theta}$ أو ع = $\frac{1}{\lambda}$ م هو الذي فيه م من البعد الأفقي المطلوب إيجاد

وإذا أوضع في هذا القانون الأخير عوضاً عن الرموز مقاديرها وأجرى الحساب يحدث

$u = 100$ متر

ولا

ولأجل تحقيق القطع بالحمل القاطع يقال حيث أن الحمل القاطع الأعظم في هذه الحالة هو

$$E = R = ٠.٦٤٠٥ \text{ كيلوجرام}$$

وكانت مساحة قطاع العتب المذكور تساوي $٠.٢٤ \times ١٤٠٠ \text{ متر}^2 = ٣٣.٦ \text{ متر}^2$ وحيث أن مقدار R أصغر من حاصل ضرب القطاع المذكور في معامل المقاومة فيكون ذلك القطاع حينئذ محققاً للحمل القاطع المقابل ولتعيين موضع القطاع لغز الاثناء الأعظم السابق إيجاده وهو المبين في الشكل بالرأسي ط ص أو لتعيين البعد $ط$ نضع القانون

$$\frac{E}{S} = \frac{C}{C + (A - L) - \frac{L}{2} (A - R)}$$

الذي يجعل فيه $\frac{E}{S} = ٩٤٧٨٩$ ثم نضع فيه عوضاً عن باقي الرموز مقاديرها واستخرج مقدار $ط$ فيحدث $ط = ١٤٠ \text{ متر}$ بالابتداء من نقطة ٢

وأما الخط $ام$ $هـ$ $ب$ المرسوم في الشكل فهو لخط البياض للأحمال القاطعة ولأجل إيجاد النقطة من العتب التي يكون فيها الحمل القاطع معدوماً أي نقطة تلاقي لخط البياض للأحمال القاطعة بجور العتب نجعل $E = ٠$ في المعادلة

$$E = R - C - [C - (L - A)] \text{ فيكون}$$

$$R = C - [C - (L - A)]$$

وإذا وضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها واستخرج مقدار $ط$ يكون

$$ط = ٧١٢٥ \text{ متر}$$
 بالابتداء من نقطة الارتكاز ٢ أعني أن $أى = ٧١٢٥ \text{ متر}$

(مسألة ٣) المطلوب حل المسألة السابقة باعتبار أن قطاع العتب على شكل ضعف حرف التاء الأفركية

وارتفاعه ٤٨ متر وسلك كل من الرأسين والبدن يساوي ٠.١٦ متر^2

وإن المجهول فيه هو عرض الرأس فقط المهوزلة بالرمز $ب$

$$\text{الجواب - نضع } E = \frac{C}{2}$$

وحيث أن $\frac{E}{S} = \frac{1}{2} [C - (L - A)]$ في هذه الحالة فيكون

$$E = \frac{1}{2} [C - (L - A)]$$

وحيث أن $ب - هـ - ت = ب - (هـ - هـ) + ٠.١٦$ بناءً على معاليم القطاع فيكون

$$E = \frac{1}{2} [C - (هـ - هـ) + ٠.١٦ + م(هـ - هـ) + م(هـ - هـ)]$$

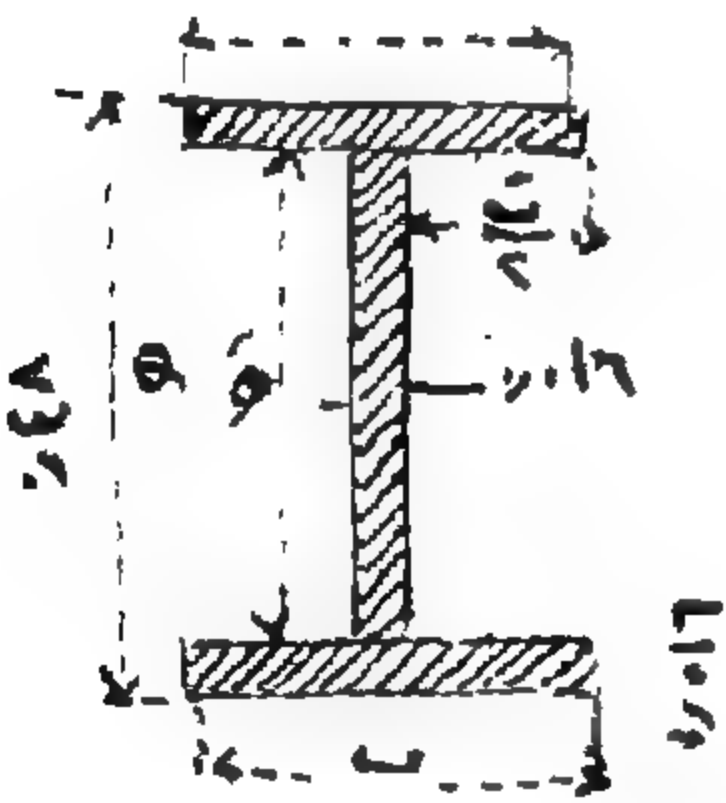
وإذا وضع في هذه المعادلة عوضاً عن الرموز مقاديرها وأجرى الحساب يكون

$$ب = ٩٤ \text{ متر}$$

وحيث أن مساحة القطاع تساوي ٠.١٧٦ متر^2 فيضرب هذه المساحة في ٨٠٠٠٠ يكون

٨١٤٠٨ كيلوجرام وهذا المقدار أكبر من ٠.٦٤٠٥ الذي هو أكبر مقادير الحمل القاطع وعليه فيكون

القطاع محققاً للحمل القاطع



(تنبيه) - بمقارنة مساحة هذا القطاع بالقطاع المستخرج من المسألة السابقة وهو ٨٠٤٩٤ ر. متر مربع يرى أن قطاع العتب المستطيل نحو ثلاثة أمثال قطاع العتب الذي على شكل ضعف حرف التاء ومن ذلك نفهم منزلة استعمال لأعتاب التي على شكل ضعف حرف التاء

(مسألة ٣٤) - المعلوم عتب من الخشب قطاعه مربع طوله ٨ متر مركز افقيا على نقطتي ارتكاز ومتحرك عليه حمل قدره ١٠٠٠ كيلوجرام والمطلوب تعيين قطاع العتب المذكور من بعد ملاحظة أن معامل المقاومة لساوى ٨٠ كيلوجرام بالنسبة للسنتيمتر المربع ثم تحقيق القطاع المذكور بالحمل القاطع
الجواب - يقال حيث أنه يلزم حساب قطاع العتب المذكور بناء على عزم الانثناء الأعظم وكان عزم الانثناء الأعظم المذكور مقابلا لوضع المتحرك في وسط العتب فينبذ يكون مقدار ذلك العزم هو

$$ع = \frac{1}{4} \cdot ل \cdot و \quad \text{وعليه يكون}$$

$$\frac{1}{4} \cdot ل \cdot و = \frac{٨٠٤٩٤}{٨} = \frac{1}{4} \cdot م \cdot و \quad \text{ومنه يحدث}$$

$$\frac{٨٠٤٩٤}{٨} = \frac{1}{4} \cdot م \cdot و \quad \text{أو} \quad \sqrt{\frac{٨٠٤٩٤}{٨}} = \frac{1}{4} \cdot م \cdot و$$

واذا وضع في هذه المعادلة الأخيرة عوضا عن الرموز مقاديرها وأجرى الحساب يكون
 $٨ = ٤٩٧ ر. متر$ وهو مقدار ضلع القطاع

وحيث أن أعظم مقدار للحمل القاطع لساوى ١٠٠٠ كيلوجرام وكانت مساحة قطاع العتب المفروض تساوى ٦١٠ سنتيمتر مربع فيرى أن
 $١٠٠٠ < ٨٠ \times ٦١٠$

وعليه فيكون القطاع محققا للحمل القاطع

(مسألة ٣٣) - المطلوب حساب قطاع العتب المذكور في المسألة السابقة بفرض أن الحمل المتحرك منقسم إلى اثنين متساويين مقدار كل منهما ٥٠٠ كيلوجرام متباعدين دائما عن بعضهما بمقدار متر واحد
الجواب - نضع

$$ع = \frac{٨٠٤٩٤}{٨} = \frac{1}{4} \cdot (ل - ١) \cdot و$$

واذا وضع في هذه المعادلة عوضا عن الرموز مقاديرها يحدث

$$ع = \frac{٨٠٤٩٤}{٨} = \frac{1}{4} \cdot (٨ - ١) \cdot و = ١٧٥٧ ر. متر$$

وحيث علم عزم الانثناء الأعظم ع فيمكن تعيين أبعاد القطاع من المعادلة

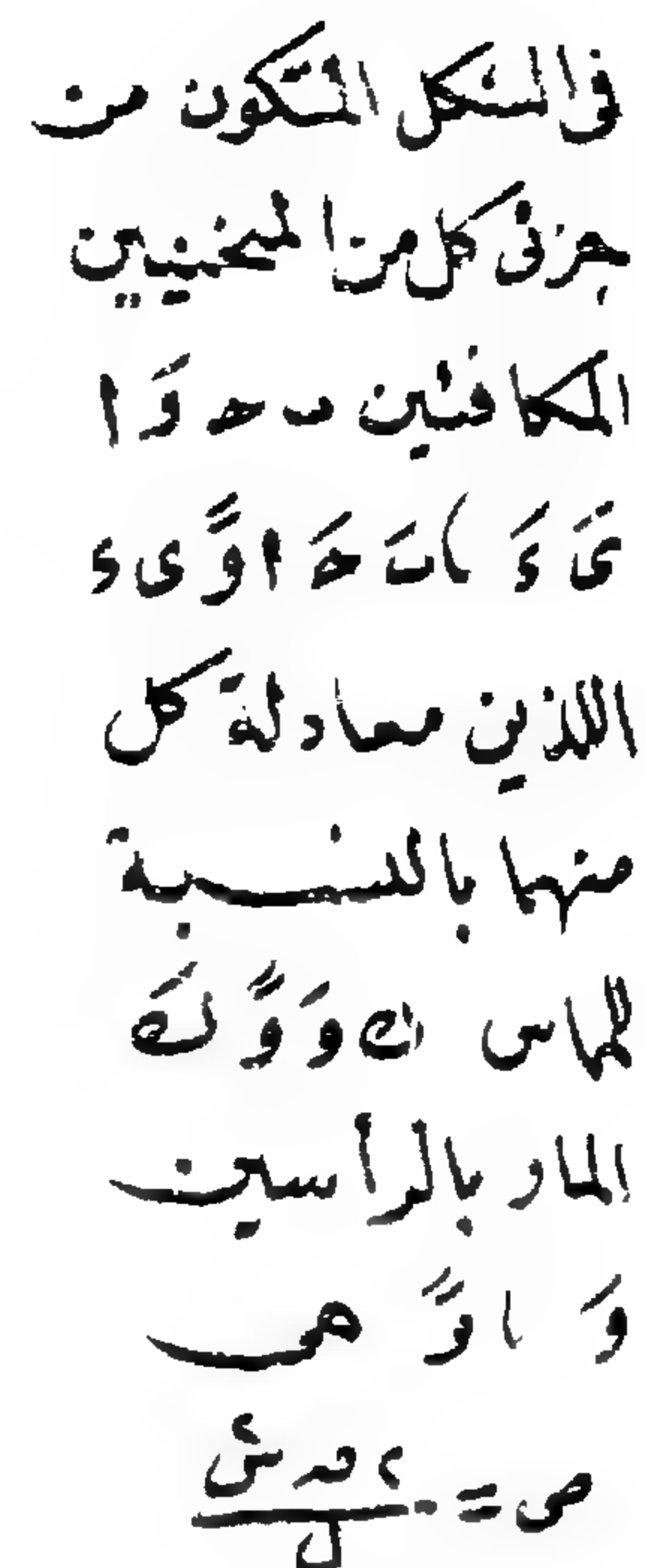
$$ع = \frac{٨٠٤٩٤}{٨} \quad \text{أو}$$

$$ع = \frac{1}{4} \cdot م \cdot و \quad \text{ومنه يحدث}$$

$$\sqrt{\frac{٨٠٤٩٤}{٨}} = \frac{1}{4} \cdot م \cdot و$$

واذا وضع في هذه المعادلة عوضا عن الرموز مقاديرها يكون
 $٨ = ٤٩٦ ر. متر$

ولا يخفى أنه في هذه المسألة يكون المحنى البياني لعزم الانثناء هو المحنى هـ و م و ي و الموضع في الشكل

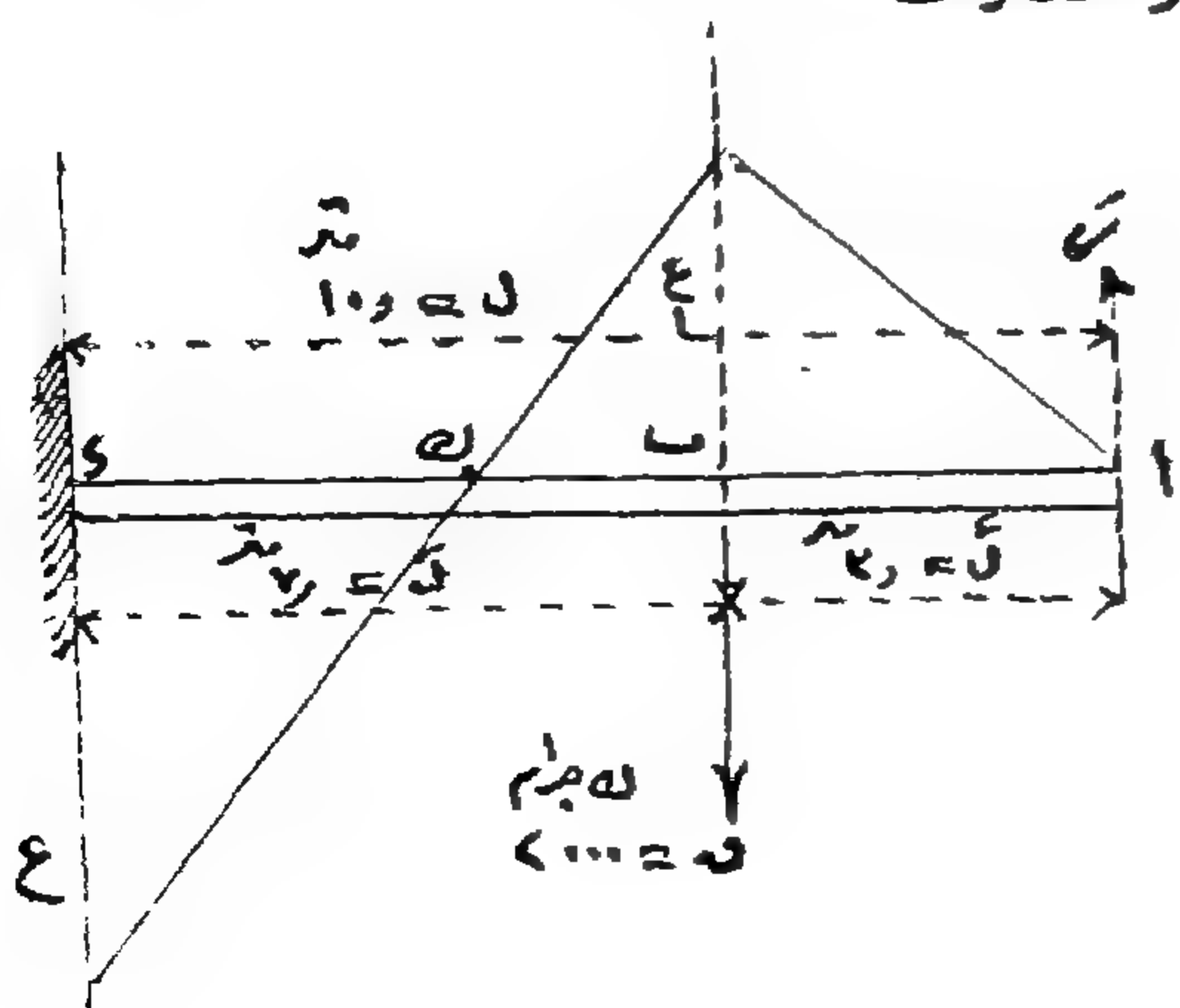

$$ل و ع \times \frac{1}{2} = ع$$

(مسألة ٢٥) - عتب من الخشب قطاعه مربع طوله ١٠ متر مثبت من أحد الطرفين ومركز من الطرف الآخر على نقطة ارتكاز موجودة في استواء واحد مع نقطة الثبيت ومحمل يحمل قدره ٥٠٠٠ كيلو جرام وواقع في نقطة متباعدة عن نقطة الارتكاز بمقدار ٢ متر والمطلوب

أولاً معرفة مقدار رد فعل نقطة الارتكاز ٢

وَمَا نَا مَعْرِفَةً عَزَمَ الْاِثْنَاءُ فِي قِطَاعِي الْبَيْتِ وَفِي مَوْضِعِ
الْحُلِّ اعْنَى فِي قِطَاعِي وَمَا

وثالثا حساب ضلع القطاع بموجب أكبر الزمين
السابقين من بعد معلومية ان معامل المقاومة
يساوى ٨٠ كلو جرام بالنسبة للسنتي متر المربع



ورابعا تعيين موضع نقطة الانقلاب

وخامسا تعيين مقدار سهم الانحناء في موضع الحمل من بعد معلومية أن معامل المرونة يساوى 10×10^8 بالنسبة للمربع

وسادسا تعيين مقدار سهم الانحناء الاعظم وموضعه

الجواب - لحساب رد الفعل R نضع المعادلة

$$R = \frac{1}{4} \text{ و } \frac{1}{4} (1.4 + 1.2) \dots \dots \dots (1)$$

التي منها من بعد ان نضع عوضا عن الرموز مقاديرها واجراء الحساب يكون

$$R = 11.47 \text{ كيلوجرام}$$

ولحساب عزم الانثناء في قطاع التثبيت نضع المعادلة

$$E = 1.4 - R \dots \dots \dots (2)$$

التي منها من بعد ان نضع عوضا عن الرموز مقاديرها واجراء الحساب يكون

$$E = 1.4 - 11.47$$

ولحساب عزم الانثناء في موضع الحمل نضع المعادلة

$$E = 1.4 - R \dots \dots \dots (3)$$

التي منها من بعد ان نضع عوضا عن الرموز مقاديرها واجراء الحساب يكون

$$E = 1.4 - 11.47$$

وحيث ان أكبر العزمين في هذه الحالة هو العزم في موضع الحمل وهو E فينبى ضلع القطاع بموجب العزم المذكور ولذلك نضع

$$E = 1.4 - 11.47 \dots \dots \dots (4)$$

التي منها من بعد ان نضع عوضا عن الرموز مقاديرها واجراء الحساب يكون

$$E = 1.4 - 11.47 \text{ متر}$$

ولاجل تعيين موضع نقطة الانقلاب نضع المعادلة

$$E = 1.4 - R \dots \dots \dots (5)$$

ونجعل فيها $E = 0$ فيجاء

$$0 = 1.4 - R \dots \dots \dots (6)$$

$$R = 1.4 - 1.4 \dots \dots \dots (7)$$

التي منها من بعد ان نضع عوضا عن الرموز مقاديرها واجراء الحساب يكون

$$R = 1.4 - 1.4 \text{ متر}$$

أعني ان الخط البياني لعزم الانثناء يقطع محور العتد في نقطة متباعدة عن قطاع التثبيت بمقدار 1.4 متر ولأجل

ولأجل تعيين مقدار سهم الاختفاء في موضع الحمل بنضع المعادلتين

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{پ پ} = \frac{1}{4} \text{س} (س - ل) \\ \text{چ چ} = \frac{1}{4} \text{و ل} (ل - س) \end{array} \right. \dots (٧)$$

ونجمل فيها $س = ل$ فتؤولان الى

$$\text{پ پ} = \frac{1}{4} \text{س} (س - ل)$$

$$\text{چ چ} = \frac{1}{4} \text{و ل} (ل - س)$$

وحينئذ اذا وضع في هاتين المعادلتين عوضا عن الرموز مقاديرها وأجرى الحساب يكون

$$\text{پ پ} = ١١٦٨٨١٦$$

$$\text{چ چ} = ٢٤٨٦٦٦٦٦$$

واذا وضع هذان المقداران في معادلة سهم الاختفاء التي هي

$$ف = م (چ چ - پ پ) \dots (٨) \text{ يحدث}$$

$$ف = م (٢٤٨٦٦٦٦٦ - ١١٦٨٨١٦)$$

$$ف = م \times ١٦٩٧٨٥٠$$

$$\text{وحيث أن } م = \frac{ف}{١٦٩٧٨٥٠} = \frac{ف}{٢٠٠٠} = \frac{ف}{٢٠٠}$$

فإذا وضع في هذه المعادلة الأخيرة عوضا عن $ف$ و مقدارها وأجرى الحساب يكون

$$م = \frac{١}{٦٤٤٥٩٨٥١}$$

$$ف = \frac{١٦٩٧٨٥٠}{٦٤٤٥٩٨٥١} = ٠.٢٧ \text{ رتبة}$$

ولأجل حساب سهم الاختفاء الأعظم نجعل في المعادلة

$$ي = م (چ - پ) \dots (٩)$$

$$ي = ٠ \text{ فتؤول الى}$$

$$٠ = م (چ - پ) \text{ ومنها يحدث}$$

$$چ = پ$$

وحيث انه في هذه الحالة $چ = و$ (ل - س) $س = ل$ (س - ل) $\dots (١٠)$ كما

$$\text{پ} = \frac{1}{4} [س + ل] (س - ل) = س = ل (س - ل) \text{ فيكون}$$

$$و = ل (س - ل) = س (ل - س) \text{ ومنها يحدث}$$

$$س = \frac{ل (ل - س)}{٢} \dots (١١)$$

واذا وضع في هذه المعادلة عوضا عن الرموز مقاديرها وأجرى الحساب يكون

$$س = ٤٠٤٠٠٠ \text{ رتبة وهو بعد موضع سهم الاختفاء الأعظم عن قطاع التثبيت}$$

وحيث ان مقدار ج في هذه الحالة هو

$$\text{ج} = \frac{(٤٤ - \text{س}) \text{س}}{(٤٤ - \text{س})} \dots \dots (١٢) \text{ فيكون}$$

$$\text{ج} = \frac{(٤٤ - \text{س}) \text{س}}{(٤٤ - \text{س})} \dots \dots (١٣)$$

وحيث ان مقدار ب هو المقدار الناتج من المعادلة الأولى من معادلتى (٧) التى هى

$$\text{ب} = \frac{١}{٤} \text{س} (٤٤ - \text{س})$$

التى يكون فيها مقدار س عين مقداره في معادلة (١٤) فحينئذ اذا وضع عوضا عن الرموز مقاديرها في المعادلة الأخيرة وفي معادلة (١٤) واجرى الحساب يحدث

$$\text{ج} = ١٩٤٤٤٨$$

$$\text{ب} = ١٧٤٤٤٨$$

واذا وضع مقدار ج ، ب في معادلة (٨) واجرى الحساب يكون

$$\text{ف} = ٠.٤٩ \text{ رتبة وهو مقدار سهم الانحناء الأعظم}$$

(مسألة ٢٦) - المطلوب حل المسألة السابقة بفرض ان الحمل واقع في وسط العتب

الجواب - مقدار رد الفعل ر في هذه الحالة بناء على معادلة (١) يكون

$$\text{ر} = \frac{٥ \times ٤}{١٦} = \frac{٢٠}{١٦} = ١.٢٥ \text{ كيلوجرام}$$

أما عزز الانثناء في قطاع التثبيت بناء على معادلة (٢) فيكون

$$\text{ع} = \frac{١}{٤} \text{س} - \text{ر} = \text{س} (٢٥ - \frac{١}{٤}) = ٢٧٠٠$$

وأما عزز الانثناء في موضع الحمل بناء على معادلة (٣) فيكون

$$\text{ع} = \text{ر} \times \frac{١}{٤} = ٠.٣١$$

وفي هذه الحالة يرى ان عزز الانثناء في قطاع التثبيت اكبر من عزز الانثناء في موضع الحمل وحينئذ يحسب ضلع القطاع من معادلة

$$\text{ع} = \frac{٢٧٠٠}{٤}$$

التى منها بعد ان نضع عوضا عن الرموز مقاديرها واجراء الحساب يكون

$$\text{ه} = ٤٠٤ \text{ رتبة}$$

وأما موضع نقطة الانقلاب بناء على معادلة (٦) فيكون

$$\text{س} = ٧٤٧$$

وأما تعيين سهم الانحناء في موضع الحمل فانه يجعل ابتداء في معادلتى (٧) أن

$$\text{س} = \frac{١}{٤} \text{ل} , \text{ل} = \frac{١}{٤} \text{س} \text{ وحينئذ يكون}$$

$$\text{ب} = \frac{١}{٤} \text{ر} (٤٤ - \frac{١}{٤} \text{ل}) = \frac{١}{٤} \text{ر} (٤٤ - \frac{١}{٤} \text{س})$$

$$\text{ج} = \frac{١}{٤} \text{س} (٤٤ - \frac{١}{٤} \text{ل}) = \frac{١}{٤} \text{س} (٤٤ - \frac{١}{٤} \text{س})$$

وبطرح

وبطرح المعادلة الأولى من الثانية طرفاً بطرف يحدث

$$ج - ح - ب = ح = \frac{ل}{٤} = (٥ - ٤٥) = ١٨٤٤٩١٦$$

وحينئذ معادلة سهم الاختاء تقول الى

$$ف = م \times ١٨٤٤٩١٦$$

$$\begin{aligned} \text{وحيث ان} \quad م &= \frac{٤}{٥} = \frac{١}{٥} \quad \text{فيكون} \\ م &= \frac{١}{٥} = \frac{١}{٧١١٧٤٦٩٤} \quad \text{وعليه يكون} \\ ف &= \frac{١٨٤٤٩١٦}{٧١١٧٤٦٩٤} = ٠.٢٥٦ \text{ متر} \end{aligned}$$

ولتعيين سهم الاختاء الاعظم نأخذ معادلة

$$ج = ب$$

ويبحث عن مقداري ج ، ب بدلالة بعد موضع سهم الاختاء س مع ملاحظة ان سهم الاختاء الاعظم المذكور يقع في هذه الحالة بين لكل ونقطة الارتكاز حيث ان بعد لكل عن نقطة الانقلاب اصغر من بعده عن نقطة الارتكاز وحينئذ يكون

$$\begin{aligned} ج &= \frac{١}{٨} \text{ م } ل ، ب = \frac{١}{٤} (ل - س) س \\ \frac{١}{٨} \text{ م } ل &= \frac{١}{٤} (ل - س) س \quad \text{وعليه يكون ومنها يحدث} \end{aligned}$$

$$س = ل (١ - \sqrt{\frac{٤ - ل}{٤}}) = ٥٥.٤ \text{ متر}$$

وهو بعد موضع سهم الاختاء الاعظم عن قطاع التثبيت ثم نضع بعد ذلك

$$ج - ح = \frac{١}{٨} \text{ م } ل = \frac{١}{٨} (٦ - ل) س$$

$$ب - ح = \frac{٥}{٩٦} \text{ م } ل = \frac{٥}{٩٦} (٤ - ل) س$$

ونضع في هاتين المعادلتين عوضاً عن س مقداره وهو ٥٥.٤ متر وعوضاً عن ل الى مقدارها ونجري الحساب فيكون

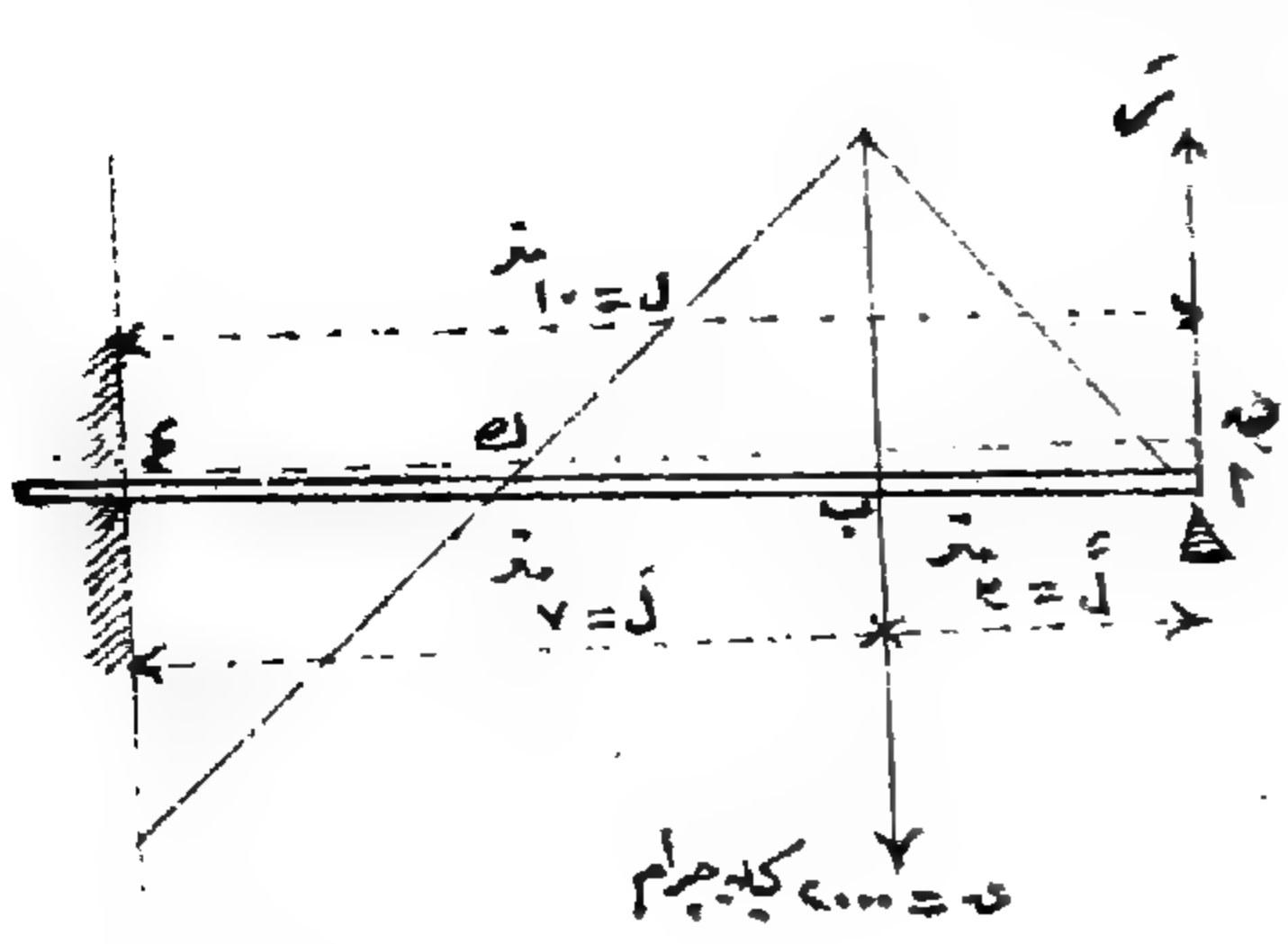
$$ج - ح - ب = ح = ١٨٦٥٩٤٠$$

وعلى هذا يكون

$$\begin{aligned} ف &= م \times ١٨٦٥٩٤٠ \quad \text{أو} \\ ف &= \frac{١٨٦٥٩٤٠}{٧١١٧٤٦٩٤} = ٠.٢٦٤ \text{ متر} \end{aligned}$$

(مسألة ٢٧) - المطلوب حل مسألة (٢٤) بحيث يكون العتب ذامقاوثة كبيرة أعني ان يبحث عن مقدار الخطاط نقطة الارتكاز عن نقطة التثبيت الذي به يكون الزمان في موضع الكل وفي قطاع التثبيت متساويين ثم يحسب صلح قطاع العتب المذكور ويعين أيضاً موضع نقطة الانقلاب ثم يعين كذلك سهم الاختاء في موضع الكل وسهم الاختاء الاعظم

الجواب - يجب أولاً مقدار رد فعل نقطة الارتكاز في هذه الحالة من معادلة



تر ١ - رد ١ = تر ٢ - تر ٢ ومنها يحدث

تر ٢ (ل + ل) = رد ١ أو

$$\text{تر} = \frac{\text{رد ١}}{\text{ل + ل}} \dots (١)$$

ومن هذه المعادلة من بعد ان نضع عوضاً عن الرموز مقاديرها
واجراء الحساب يكون

$$\text{تر} = ٩٤ \text{ ر } ١٠٧٦ \text{ كيلوجرام}$$

وبوضع هذا المقدار في المعادلة العمومية لسهم الانحناء
بالنسبة لنقطة ١ من بعد ملاحظة أن

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1 + L_2} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \quad (٢)$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \quad (٢)$$

واجراء الحساب يكون

$$\text{ف} = \text{م} \times ٢٤ \text{ ر } ٢٦٦٩ \dots (١)$$

وحيث انه لا يمكن تعيين مقدار ف مالم يتعين قطاع العتب فينشد يلزم البحث أولاً عن عزما الانثناء
الاعظم الذي بموجبه يجب القطاع المذكور ولاجل ذلك نضع معادلة

$$\text{ع} = \text{رد ١} - \text{تر ١} = \text{تر ٢}$$

التي فيها عزما الانثناء في قطاع التثبيت وفي موضع الحمل بناء على مقدار تر السابق ايجاده يكونان متساويين
وحيث يكون

$$\text{ع} = ٢٤٢٠ \text{ ر } ٨$$

$$\text{ع} = \frac{٢٤٢}{\text{م}} \quad \text{فيكون}$$

$$\text{م} = ٢٨٩ \text{ ر } ٢ \quad \text{وهو مقدار ضلع العتب في هذه الحالة}$$

$$\text{م} = \frac{١}{٥٨٤٢١٥ \text{ ر } ٢}$$

وحيث علم م فيكون

وحيث يكون

$$\text{ف} = \frac{١٦٦٩٢٤٤}{٥٨٤٢١٥ \text{ ر } ٢} = ٠ \text{ ر } ٢٨٦$$

أعني انه لازدياد مقاومة العتب يلزم ان تخفض نقطة الارتكاز عن نقطة التثبيت بمقدار ٩٠، ميل متر
تقريباً

ولتعيين موضع نقطة الانقلاب نجعل في معادلة

$$\text{ع} = \text{رد ١} - \text{تر ١} = \text{تر ٢} - \text{تر ٢} \quad \text{أن}$$

$$\text{ع} = ٠ \quad \text{فيكون}$$

ولقین سهم الاغناء فی موضع الحمل نفع فی المعادلین

$$\frac{1}{6} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3}$$

$$(3-3.4)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{7} = \frac{1}{7} \times \frac{1}{7}$$

$$(CCATTTT) = \frac{1}{2} \frac{A}{C}$$

$$6.55811 = 6\frac{11}{20}$$

ف = مر ۸۵۰۰۰ × ۶۲۵ وعلیه یكون

$$\text{فی} = \frac{9728000}{5821000} = 1.67$$

$$s = \frac{(u - u')}{v - v'}$$

الاختلاف في موضع الحمل هو $ق = ٠.٤٥$ رتبة السابق ايجاده

الجواب - في هذه الحالة $\tau = \frac{1}{\mu}$

اعنی ان $\bar{v} = 66.66$ کیلوگرام

وأما مقدار عمر الانشاء الاعظم فإنه يتعين من قانون

ع = $\frac{1}{2} \text{ ل (و - س) } = \frac{1}{2} \text{ ل س}$ وعليه يكون

۲۲۲۲، ۲۰ = ۲

وبناء على مقدار ع هذا يكون مقدار ضلع القطاع ه هو

$$x_1(x) = 0$$

وأما الخطوط نقطة الارتكاز عن نقطة الثبوت فإنه يتعين من المعادلة

$$f = \frac{1}{144} \text{ موم} = 2 \text{ موم} = 128889 \text{ موم}$$

وحيث أنه في هذه الحالة $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{1.08 \times 10^3} = 9.26 \times 10^{-4}$ فيكون

$$ف = \frac{١٤٨٨٨٨٨٩}{٦٠٥٨٤٥٠٠٠} = ٠.٢٤٤ \text{ متر}$$

وأما موضع نقطة الانقلاب بناء على معادلة (٦) فيكون

$$س = \frac{ل}{٤} = ٠.٠٦١ \text{ متر}$$

وأما لتعيين سهم الانحناء في موضع الحمل فإنه يلزم أن يعين ابتداء بناء على معادلتى (٧) مقدار ١٠٠ م من المعادلتين

$$\begin{aligned} ١٠٠ - ١٠٠ \times \frac{١}{٤} &= ١٠٠ - ٢٥ = ٧٥ \text{ م} \\ ١٠٠ - ١٠٠ \times \frac{١}{٤} &= ١٠٠ - ٢٥ = ٧٥ \text{ م} \\ ١٠٠ - ١٠٠ \times \frac{١}{٤} &= ١٠٠ - ٢٥ = ٧٥ \text{ م} \end{aligned}$$

وبناء على ذلك يكون

$$ف = ٠.٢٤٤ \text{ متر}$$

اعنى انه في هذه الحالة مقدار سهم الانحناء في موضع الحمل هو عين مقدار انحراف نقطة الارتكاز عن نقطة التثبيت

ولأجل تعيين سهم الانحناء الأعظم يبحث أولاً عن موضع سهم الانحناء المذكور من معادلة

$$س = ل (١ - \sqrt{\frac{١ - ٢٥}{٢٥}})$$

التي فيها مقدار ١٠٠ في هذه الحالة هو ١٠٠ وحينئذ يكون

$$س = \frac{ل}{٤}$$

اعنى ان موضع سهم الانحناء الأعظم هو في موضع الحمل وعليه يكون مقداره هو المقدار السابق (مسألة ٢٩) - عتب من الخشب قطاعه مربع طوله ١٠٠ متر مثبت افقياً من احد الطرفين ومركب من الطرف الثانى على نقطة ارتكاز ومحمل يحمل موزع بانتظام على طوله ومقدار الحمل الموزع بانتظام على المتر الطولى منه هو ٠.٠٠١ كيلوجرام والمطلوب

أولاً معرفة مقدار رد فعل نقطة الارتكاز

وثانياً معرفة مقدار عزم الانثناء في قطاع التثبيت ووضع المعادلة العمومية لعزم الانثناء

وثالثاً معرفة مقدار اعظم عزم انثناء بالنسبة لباقي عزم الانثناء الواقعة على طول العتب المذكور وموضعه ايضاً

ورابعاً معرفة موضع نقطة الانقلاب

وخامساً معرفة مقدارى الحملين القاطعين في نقطتى التثبيت والارتكاز ثم الموضع الذى يكون فيه الحمل القاطع

سادساً وضع المعادلة العمومية للاحمال القاطعة

وسابعاً معرفة مقدار ضلع قطاع العتب المذكور

وسابعاً معرفة موضع سهم الانحناء الأعظم ومقدار سهم الانحناء الأعظم كذلك

وذلك

المرونة لياوى (١٠) بالنسبة للمتر المربع
الجواب - يجب رد الفعل من المعادلة

$$(1) \dots \dots \frac{2}{\lambda} = 2$$

التفينا $ق = ١٠٠$ كلو جرام $ل = ١٠$ من

وچینڈیکون $m = 70$ کلوگرام

وأما عدم الالتئام في قطاع النبيت فإنه يجب من المعادلة

(c) ... $\cos x = 1 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \varepsilon$.

وأما المعادلة العمومية لعزم الانثناء، فهي

$$\text{ع} = \frac{1}{6} \text{ ف د س } (س - \frac{5}{3} ل)$$

وأما عدم الانثناء الأعظم بالنسبة لبقاى العزم فإنه يجب من المعادلة

$$(c) \dots\dots\dots 12.750 = 12 \frac{15}{100} = 12 \frac{3}{20} = 12 \frac{9}{100} = 12.09$$

وأما موضع العزم المذكور فإنه يتعين من المعادلة

(۶) س = پ ل = و د ہ

وأما موضع نقطة الانقلاب فإنه يتعين من المعادلة

سی = $\frac{E}{4} = \sqrt{\text{متر}}$ (۵)

وأما الحمل القاطع في نقطة الارتكاز فهو

ع = ۲ - ۲۵ = ۷۵۰ کلوگرام

وأما الحل القاطع ونقطة التثبيت فإنه يتعين من المعادلة

(٦) $\frac{5}{x} = 5 \Rightarrow x = 1$ $\frac{5}{1} = 5$

وأما المعادلة العمومية للأفعال القاطعة فهي

$$\frac{2}{3} = \text{فَس} - \frac{2}{8} \text{ فَد}$$

وإذا جعل فيها $\frac{1}{2}$. يكون $s = \frac{1}{2}$ وهو موضع الندام الحمل القاطع

ولاجل تعيين قطاع العتب يقال حيث أن أكبر العزمين العظييين هو العزم في قطاع التثبيت فيجب ضلع القطاع من المعادلة

$$\text{So } \frac{1}{7} = \frac{250}{1750} = \frac{1}{7}$$

$$\text{مقدار} = \frac{47}{5} \sqrt{2} = 13.4$$

التي منها

وأما موضع سهم الاختاء الاعظم فإنه يتعين من المعادلة

$$f = \frac{1}{184} \text{ مرفه لى} = \frac{1.087907}{210650.00} \text{ مرفه لى}$$

(مسألة ٤٠) - المطلوب حساب رد الفعل وعزم الالتئاء وضيع القطاع للعب في المسألة السابقة عند ما يكون ذا مقاومة كبيرة ثم تعيين الخطاط نقطة الارتكاز عن نقطة التثبيت

الجواب - بحسب رد الفعل من المعادلة

$$(1) \dots \cup (1-\varepsilon V) = \varnothing$$

وأما غير الانثناء، فإنه يحسب من المعادلة:

$$(c) \dots \dot{V}_2 \cdot 17 = (276 - 4) \dot{V}_2 \frac{1}{2} = 131$$

التي منها $ع = ع = ١٧١٦$

وأما ضلع القطع فإنه يجب من المعادلة $e = \frac{2}{3}m = \frac{1}{3}m$ التي منها

$$r_{\text{eff}} = \frac{r}{\sqrt{1 + \frac{1}{\epsilon_r}}} = r$$

واما المخطط نقطة الارتكاز عن نقطة البثيت فانه يحسب من المعادلة

ف = $\frac{1}{x}$ مرقه لا (8-11) = 2 اموز مرقه في (2)

التي فيها $m = \frac{1}{2}$ وعليه يكون

$$Q = 0.14 \times \frac{1}{(0.144 \times 10^3)} \times 0.4 = 0.00039 \text{ متر}$$

(تنبیه) اذا ارید تعیین نقطه الانقلاب یجعل فی مسادله

$$\frac{C}{S} = \frac{C_{\text{دری}}}{S} - r_{\text{دری}} \dots \dots \dots (4)$$

ع = . وليخرج مقدار س بدلالة ق و م ثم يوضع في المقدار المذكور عوضا عن س مقداره

وهو $\tau = (1 - \gamma)$ قد

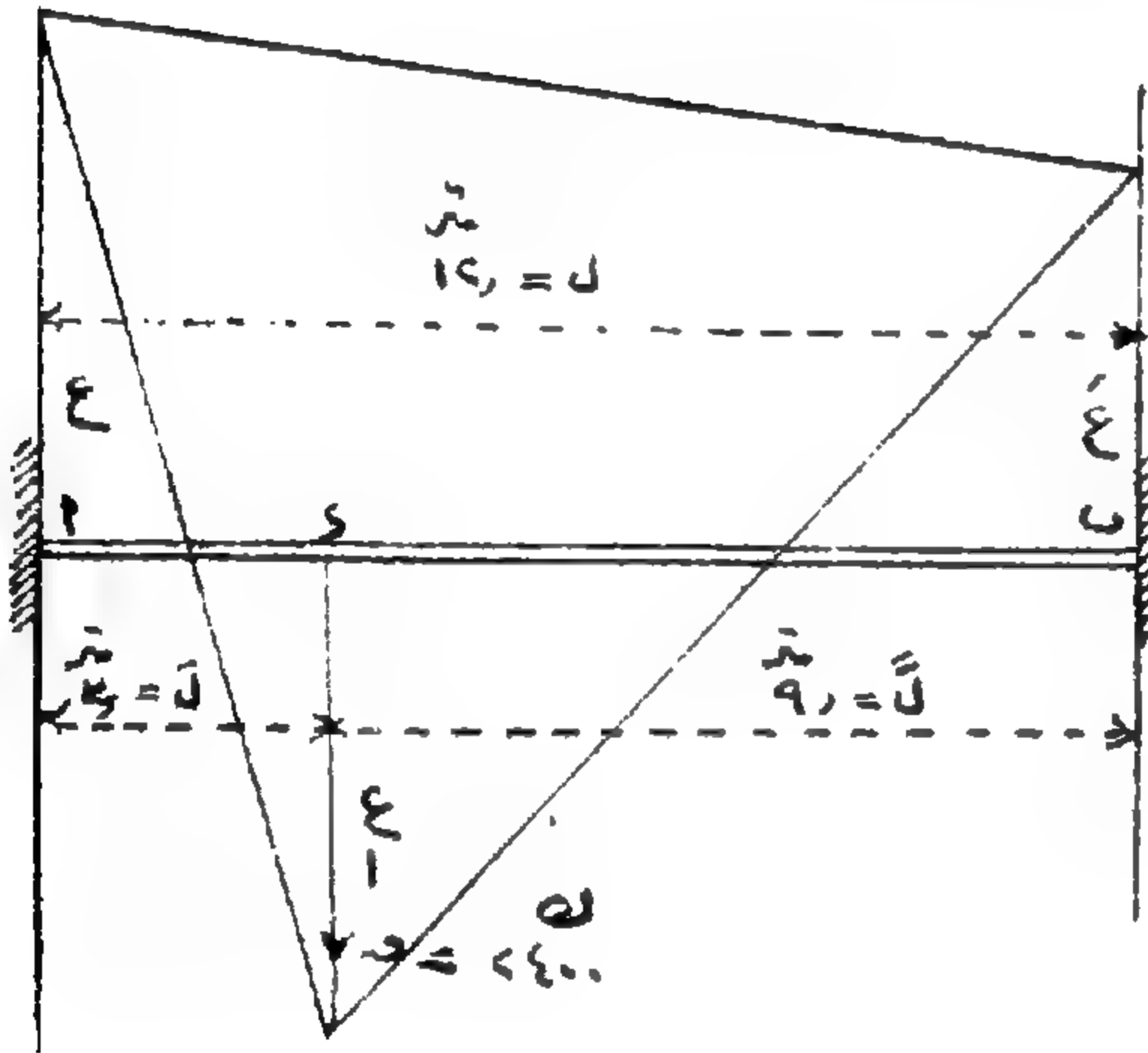
وإذا أريد تعيين موضع عزم الانثناء، الأعظم الثاني يوضع بدلا عن ع في معادلة (٤) مقدار العزم ع

وإذا أريد تعيين سهم الاختناء الأعظم وموضعه فيلزم الرجوع إلى القواعد المقررة في العلم مع مراعاة هذه الحالة الخصوصية فيها

(المسألة ٤) - المعلوم عتب من الخشب قطاعه مربع مثبت افقيا من الطرفين وطوله ١٠ م^٢ وبحمل
بجمل مقداره ٤٠٠ كيلو جرام واقع على بعد ٢ م^٢ من احد الطرفين والمطلوب

أولاً معرفة مقادير عزم الانثناء الثلاثة الواقعة في قطاعي التثبيت وفي موضع الحمل
وثانياً حساب قطاع العتب بالنسبة لأكبر عزم الانثناء الثلاثة المذكورة
وثالثاً إيجاد النهاية العظمى لأحد العزمين في قطاعي التثبيت وموضع الحمل في هذه الحالة
ورابعاً تعيين مقادير عزم الانثناء الثلاثة السابقة في حالة ما يكون الحمل المذكور واقعاً في الوسط ثم تعيين
قطاع العتب في هذه الحالة

وخامساً تعيين مقدار سهم الانحناء الأعظم في الحالة المذكورة وموضعه كذلك
وذلك جميعه من بعد معلومية أن معامل المقاومة يساوي ٨ كيلو جرام بالنسبة للسنتي متر المربع
وأن معامل المرونة يساوي ١٠ كيلو جرام بالنسبة للتر المربع



لجواب - يجب عزم الانثناء ع في قطاع التثبيت ١

$$\text{من المعادلة } E = \frac{L^2}{4} \text{ هـ } \dots (١)$$

$$\text{التي منها } E = ٢٠٠٠$$

وأما عزم الانثناء ع في قطاع التثبيت ب فإنه يجب

$$\text{من المعادلة } E = \frac{L^2}{4} \text{ هـ } \dots (٢)$$

$$\text{التي منها } E = ١٤٥٠$$

وأما عزم الانثناء ع في موضع الحمل د فإنه يجب

$$\text{من المعادلة } E = \frac{L^2}{4} \text{ هـ } \dots (٣)$$

$$\text{التي منها } E = ٢٠٥٠$$

وحيث أن عزم الانثناء ع هو أكبر العزم الثلاثة فيعين القطاع من المعادلة

$$E = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4}$$

$$E = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4}$$

التي منها

أما عزم الانثناء لأحد العزمين ع في قطاع التثبيت ١ فيكون نهاية عظمى حينما يكون الحمل واقعاً
في ثلث طول العتب من جهة نقطة التثبيت ٢ أعني حينما يكون $L = \frac{L}{3} = \frac{L}{3}$ متر وفي هذه الحالة يكون

$$L = \frac{L}{3} \text{ ويحدث}$$

$$E = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} \text{ هـ } \dots (٤)$$

$$E = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4}$$

وأما مقدار كل من عزم الانثناء الثلاثة السابقة في حالة ما يكون الحمل واقعاً في الوسط فهو

$$E = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} \text{ هـ } \dots (٥)$$

$$\text{ومنه يكون } E = ٢٦٠٠$$

وأما قطاع العتب في هذه الحالة فإنه يجب من معادلة $E = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4} = \frac{L^2}{4}$ التي منها

م ١٥ . مقاومة مواد

$$h = \sqrt[4]{\frac{114}{81600}} = 0.04 \text{ متر}$$

وأما مقدار السهم الانحناء الأعظم فإنه يتعين في هذه الحالة من معادلة

$$f = \frac{1}{192} m^2 = \frac{1}{192} \times 1.44 = 0.0075 \text{ م}$$

$$f = 0.0075 \text{ متر}$$

التي منها

وأما موضع سهم الانحناء المذكور فيكون في موضع الحاصل

(المسألة ٤٤) - المطلوب حل المسألة السابقة في حالة ما يكون الحمل ٤٠٠ كيلوجرام موزعاً بانتظام

على طول العتب اعني ان الحمل الموزع بانتظام على المتر الطولي يكون مساوياً الى ٤٠٠ كيلوجرام

الجواب - حيث ان عزم الانثناء في أحد قطاعي التثبيت يتعين من معادلة

$$E = \frac{1}{16} q l^2 \dots (1)$$

وان عزم الانثناء في وسط العتب يتعين من معادلة

$$E = \frac{1}{4} q l^2 \dots (2)$$

وكان مقدار ع صنوف مقدار ع فيجب حينئذ

قطاع العتب بناء على معادلة (١) من المعادلة

$$\frac{1}{16} q l^2 = \frac{1}{4} m^2 \text{ ومنها يحدث}$$

$$h = \sqrt[4]{\frac{q l^2}{4m}} = 0.04 \text{ متر}$$

وأما نقطة الانقلاب فإنها يتعين من المعادلة

$$S = 1.41 l \dots (3)$$

التي منها $S = 1.41 \times 0.04 = 0.0564 \text{ متر}$

وأما الخط البياني للأحمال القاطعة م م فإنه يتعين من المعادلة

$$V = \frac{1}{2} q l - q s \dots (4)$$

التي منها يكون مقدار الحمل القاطع في كل من قطاعي التثبيت مساوياً الى $\frac{1}{2} q l$ وان الحمل القاطع في وسط

العتب يكون معدوماً

وأما سهم الانحناء الأعظم فإنه في وسط العتب ويجب من المعادلة

$$f = \frac{1}{84} q l^2 \dots (5)$$

$$f = 0.008 \text{ متر}$$

التي منها

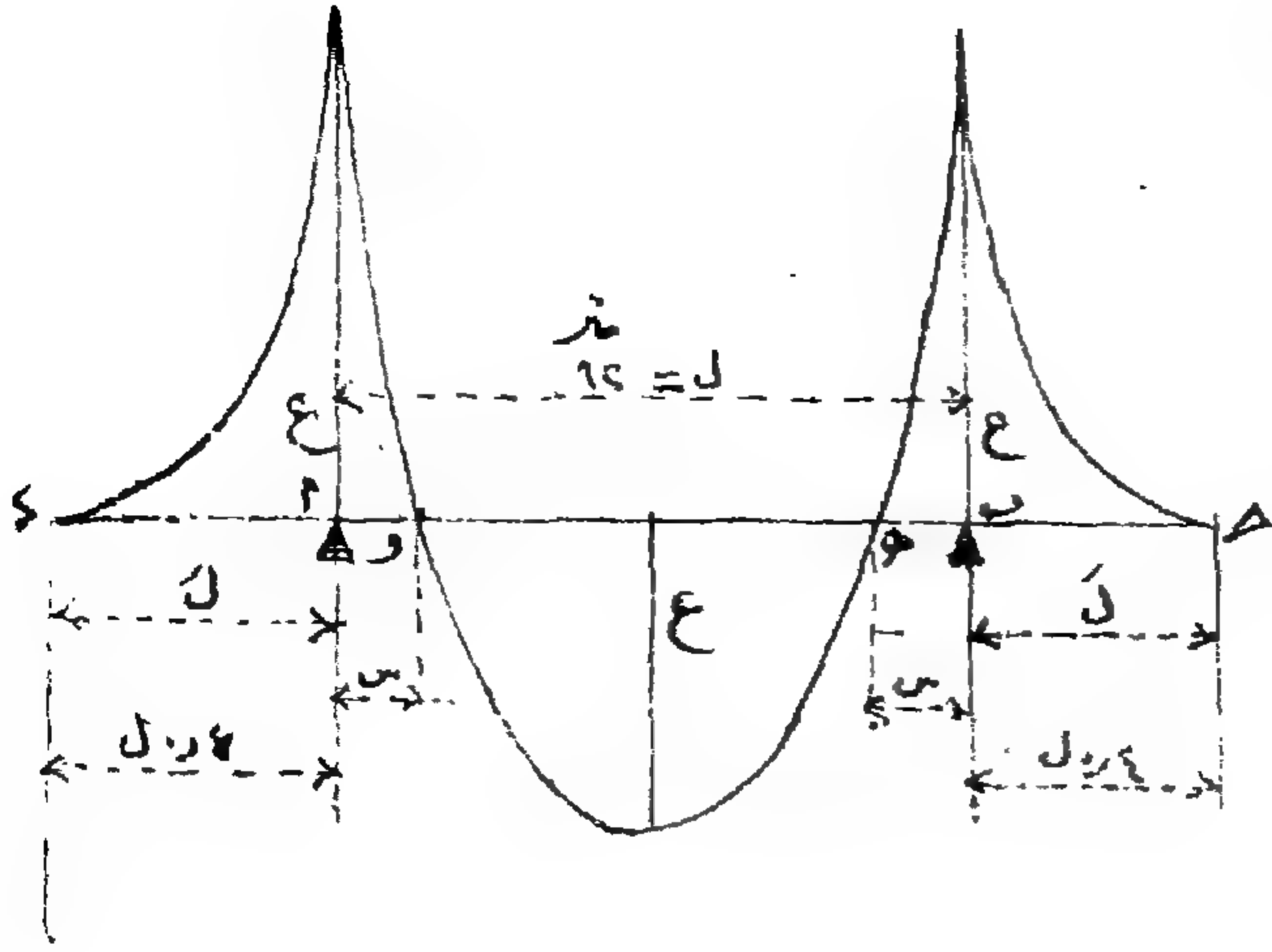
(المسألة ٤٥) - المطلوب حل (مسألة ٤٤) في حالة ما يكون العتب كبير المقاومة وان عزم الانثناء

في نقطتي التثبيت متساويان

الجواب - يبحث أولاً عن مقدار l من معادلة

$$l = 1.41 l \dots (1)$$

التي منها



التي منها $ل = ١٤ \times ٨ = ١١٢$ متر
ثم يبحث ثانياً عن مقدار كل من ردي الفعلين
أو الحملين القاطعين الواقعين ونقطتي الارتكاز
للبا المعتبرتين وهذه الحالة نقطتي تثبيت من
المعادلة

$$١ = ٧ = ٤ \times \frac{١}{٤} \text{ فـ } (ل + ٤) \dots (٢)$$

التي منها

$$\frac{١}{٤} \times ٤٠٠ = (٤٨ \times ٤ + ١٤) \times \frac{١}{٤} = ٤ \text{ كيلوجرام}$$

وثالثاً يبحث عن هذا الانثناء ونقطتي تثبيت في وسط العتب من المعادلة

$$٤ = \frac{١}{١٦} \text{ فـ } ٤ \dots \dots \dots (٤)$$

$$١٨٠٠ = ٤$$

التي منها

ومعينة يبحث عن قطاع العتب من المعادلة

$$٤ = \frac{٢٤}{٥} = \frac{١}{٦} \text{ م هـ}$$

$$٤٤٨ = \frac{٤٦}{٦} \text{ م هـ}$$

التي منها

ورابعاً يبحث عن بعد كل من نقطتي الانقلاب وهاه عن إحدى نقطتي التثبيت من المعادلة

$$\frac{١}{٤} \text{ فـ } س (ل - س) = \frac{١}{١٦} \text{ فـ } ٤ \text{ التي منها}$$

$$س = \frac{٤}{١} (\pm 1 \sqrt{\frac{١}{٤}}) = \frac{٤}{١} (\pm 1 \sqrt{٠.٧٠٧}) \dots \dots (٥)$$

أعني بالنسبة لنقطة ٢ مثلاً

$$او = \frac{٤}{١} (١ - ٠.٧٠٧) = ٠.٢٩٤ \times \frac{٤}{١} = ١.١٦٥ \text{ ر. ل}$$

$$اه = ١.٧٠٧ \times \frac{٤}{١} = ٦.٨٢٥ \text{ ر. ل}$$

وحيث ان $ل = ١٤$ متر فيكون

$$او = ١.٧٥٨ \text{ متر ، اه} = ١٠.٤٤ \text{ متر}$$

وخامساً حيث ان سهم الانحناء الاعظم يوجد في وسط العتب فيجب من المعادلة

$$ف = م (ت - ت')$$

وحيث انه في هذه الحالة $ت = ت'$ فيكون

$$ف = ٠$$

اعني انه في هذه الحالة سهم الانحناء الاعظم يكون معدوماً وعليه فلا يكون للعتب المذكور فيما

بين نقطتي التثبيت ادى سهم انحناء

(المسألة ٤٤) - عتب مركب على ثلاث نقاط ارتكاز موجودة في مستو واحد افقي ومتباعدة عن

بعضها بالتساوي بحيث ان البعد بين كل نقطتي ارتكاز متتابعين يساوي $\frac{1}{2}$ متر وان لكل الموزع بانتظام بالنسبة للمتر الطولي من العتب في كل من الفتحتين يساوي 200 كيلوجرام والمطلوب أولا معرفة مقدار عزم الانثناء في نقطة الارتكاز المتوسطة وثانيا معرفة موضع نقطتي الانقلاب

وثالثا معرفة مقدار عزم الانثناء الاعظم الواقع بين نقطتي ارتكاز متتابعين وبعد موضعه عن نقطة الارتكاز المتوسطة وتعيين باقي عزم الانثناء في جميع نقط العتب بالنسبة لكل فتحة ورابعا وضع المعادلتين اللتين يحسب منهما موضع سهم الانثناء الاعظم ومقداره بالنسبة لكل فتحة من الفتحتين المذكورتين في هذه الحالة

وخامسا تعيين مقادير الاحمال القاطعة في كل من نقط الارتكاز الثلاثة ومن باقي نقط العتب بالنسبة لكل فتحة ثم تعيين الموضع الذي يكون فيه الحمل القاطع معدوما بالنسبة لكل فتحة أيضا

الجواب - لأجل تعيين عزم الانثناء

في نقطة الارتكاز المتوسطة نضع

المعادلة الآتية

$$E = \frac{1}{8} W L^3 \dots (1)$$

الناجمة بناء على نظرية العزم الثلاثة

التي فيها L ومتر طول كل من الفتحتين

W عزم العزم الانثناء في نقطة الارتكاز

المتوسطة W L ومتر لكل الموزع

بانتظام على المتر الطولي من العتب

بالنسبة لكل من الفتحتين المذكورتين ومنها يحدث

$$E = \frac{1}{8} W L^3 = 28400$$

ولأجل تعيين موضع نقطة الانقلاب نضع المعادلة

$$\frac{E}{L} = \frac{1}{2} W S (L - S) \dots (2)$$

ثم نجعل في هذه المعادلة $E = 28400$ فيحدث

$$\frac{28400}{L} = \frac{1}{2} W S (L - S) \text{ ومنها يحدث}$$

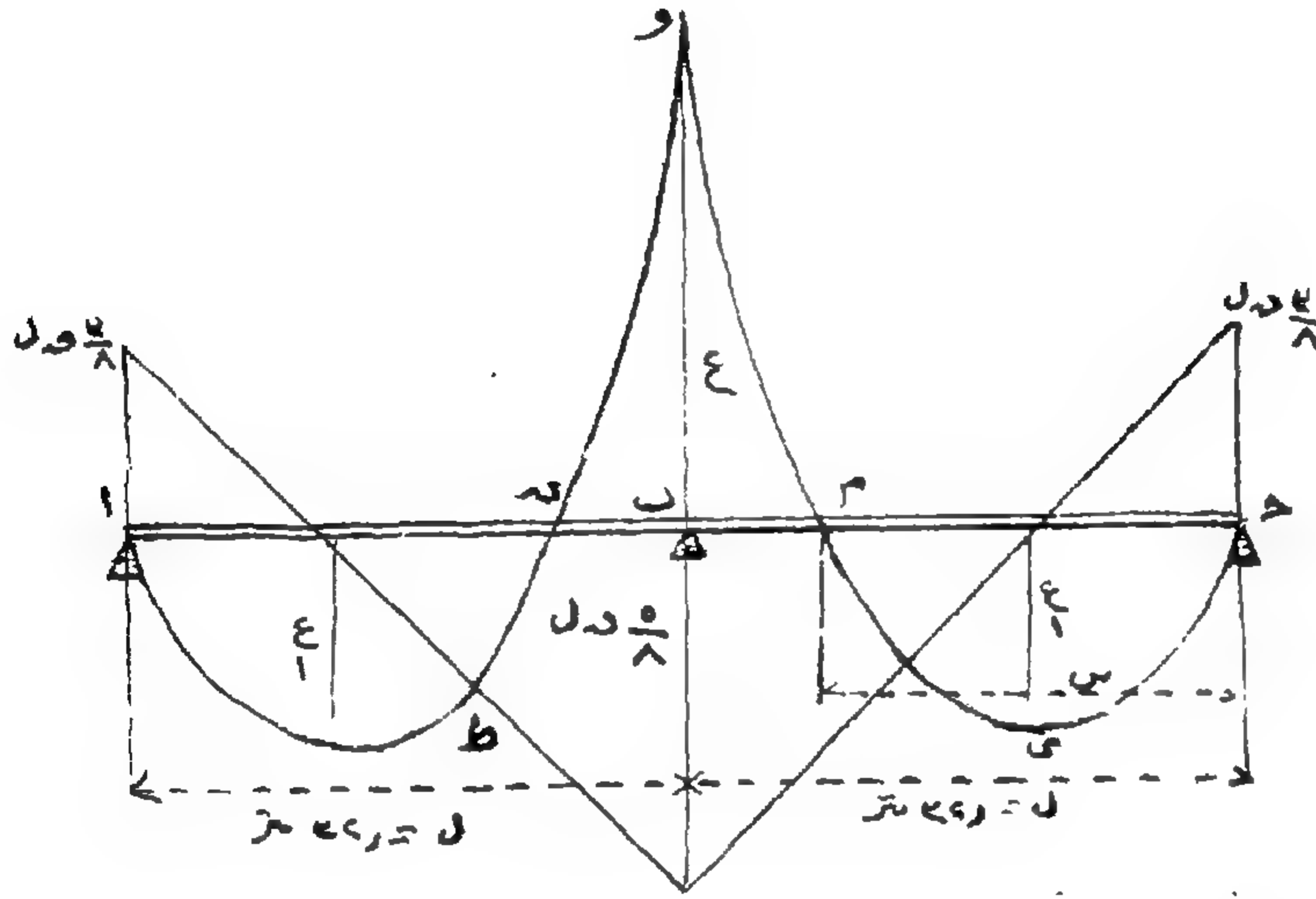
$$S = \frac{W L^2 + E}{W L} = \frac{40000 + 28400}{40000} = \frac{68400}{40000} = 1.71 \text{ متر}$$

وحيث ان عزم الانثناء الاعظم الواقع بين نقطتي الارتكاز المتتابعين يوجد في منتصف البعد $\frac{L}{2}$ فيجعل

في معادلة (2) $S = \frac{L}{2}$ وحينئذ يكون

$$E = \frac{1}{8} W L^3 = \frac{1}{8} \times 40000 \times 1.71^3 = 28400$$

وحيث أن



وحيث أن $\frac{1}{x} = \frac{1}{y}$ فيكون

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$$

ولايجاد باقي عزم الانشاء في كل من الفتحين المذكورين يكفي ان يعطى الى س في معادلة (٢) جميع المقادير المحصورة بين صفر، ل

وأما موضع سهم الانحناء الاعظم ومقداره فيتعينان من المعادلتين

$$s = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{x}$$

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{x}$$

فمن المعادلة الأولى يتعين موضع سهم الانحناء الاعظم ومن الثانية يتعين مقدار سهم الانحناء المذكور ولاجل تعيين مقادير الأحوال القاطعة ونقطة الارتكاز نضع المعادلة

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z} \dots (٤)$$

ونجعل فيها ابتداء س = . فينجأ الحمل القاطع في كل من نقطتي الارتكاز المتطرفتين ح، د وهو

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$$

ثم نجعل فيها ايضا س = ل فينجأ الحمل القاطع ونقطة الارتكاز المتوسطة بالنسبة لاحد الفتحين وهو

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$$

وحيث ان الحمل القاطع ونقطة الارتكاز المتوسطة المذكورة بالنسبة للنقطة الأخرى هو

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$$

فيكون مقدار الحمل القاطع الكلي ونقطة الارتكاز المتوسطة هو

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$$

ولتعيين مقادير باقي الأحوال القاطعة بالنسبة لكل فتحة يكفي ان يعطى الى س في معادلة (٤) جميع

المقادير المحصورة بين صفر، ل

ولتعيين الموضع الذي يكون فيه الحمل القاطع معدوما نجعل في معادلة (٤) س = . فيكون

$$s = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{x}$$

تنبيه - بمقارنة نواتج هذه المسألة بنواتج مسألة ٤٩ السابقة يرى انه يمكن حساب جميع الاشياء

الخاصة بكل من الفتحين وهذه الحالة بنفس القوانين الخاصة بمسألة ٤٩ السابقة ويستغنى الحال حينئذ

عن استعمال القوانين الخاصة بنظرية العزم الثلاثة وما يتعلق بها في هذه الحالة

(المسألة ٤٥) - عتد مركزاً على ثلاث نقاط ارتكاز موجودة في استواء واحد والبعد بين الأولى

والثانية يساوي ر، وبين الثانية والثالثة يساوي ر، وان الحمل الموزع بانتظام بالنسبة للمستـ

الطول من الفتحة الأولى التـ مقدارها ر، يساوي ر،، كلو جرام وأن الحمل الموزع بانتظام بالنسبة

للمر الطولي من الفتحة الثانية يساوي ر،، كلو جرام والمطلوب

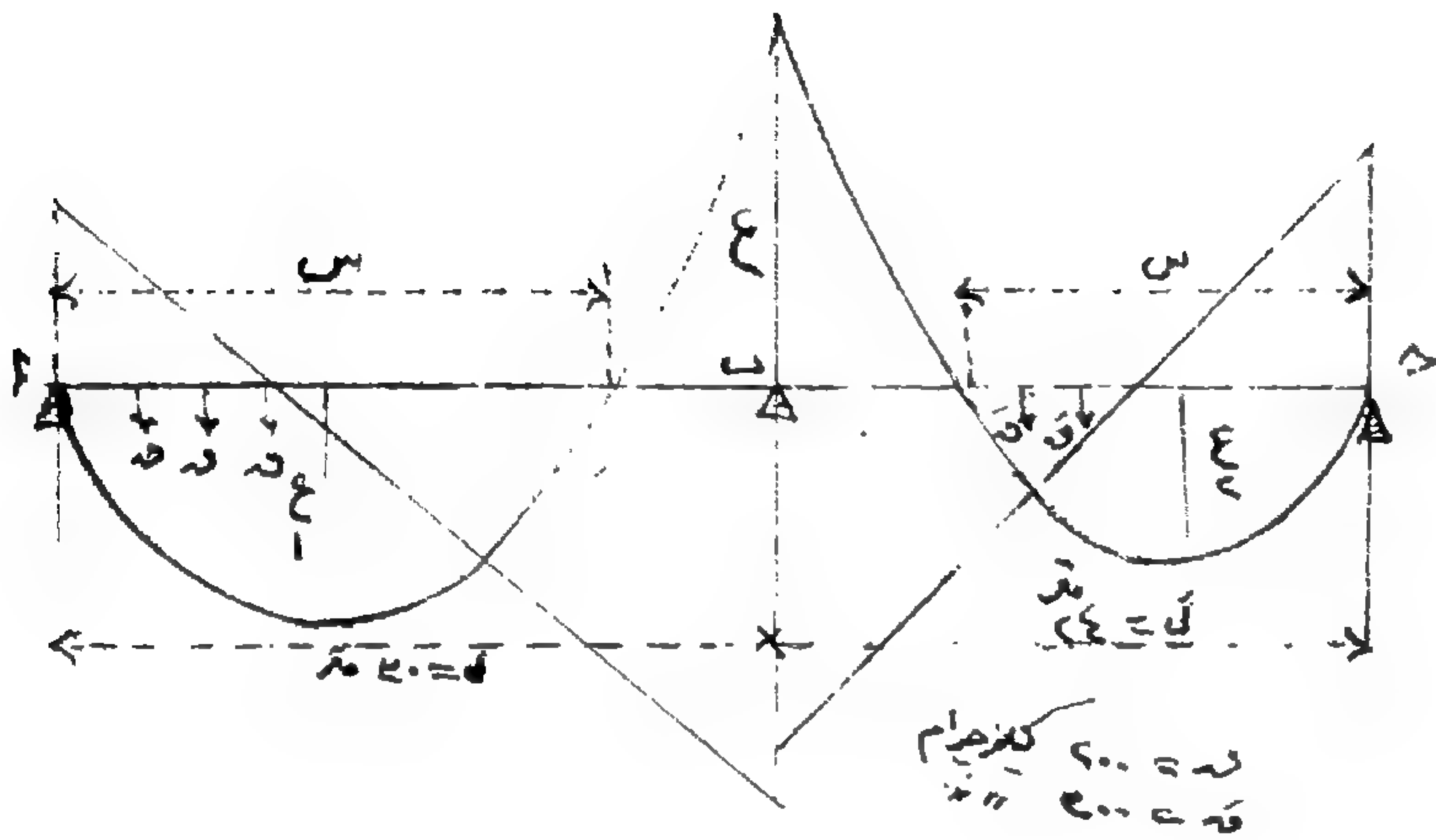
وثالثا معرفة الاحمال القاطعة في نقط الارتكاز الثلاثة ثم معرفة الموضع الذي ينعدم فيه الحمل القاطع في كل من الممتدين

الجواب - لاجل معرفة عزم الانتشاء
الواقع في نقطة الارتكاز من نفع المعاداة

ومنہا یحییٰ

أو $c = -r - 1$

والأجل تعيين نقطة الانقلاب في
المنفعة الأولى نضع المعادلة



وَيُجْمَلُ فِيهَا عِيٌّ = فَيُجْمَلُ

$$\frac{44}{100} = \frac{44 + 9}{90} = 1 + \frac{44}{90} = 1 + \frac{22}{45}$$

$$س = \frac{ق + ل}{ق} = \frac{٤٠ + ١٠}{١٠} = ٥$$
$$10 \times 10 \times 10 + 10 \times 10 \times 10 + \frac{10 \times 10 \times 10}{10} = 10$$
$$19670522 = 100.4 \times 1.94 \times 10. + \frac{\sum 1.94k}{2} = \sum_2$$

(۲)..... $\frac{4}{5} + \frac{1}{5} = 1$ - ولس

$$\frac{4}{5} = \frac{1}{6} + \frac{1}{x} \Rightarrow \frac{4}{5} - \frac{1}{6} = \frac{1}{x} \Rightarrow \frac{24-5}{30} = \frac{1}{x} \Rightarrow \frac{19}{30} = \frac{1}{x} \Rightarrow x = \frac{30}{19}$$

شم خجل

ثم نعمل فيها ايضا $s = l = r$ فيحدث

$$\frac{4}{5} + \frac{1}{5} = 1 - 0.2 = 0.8 = 80\% \text{ کلوجرام}$$

ولاجل تعيين مقدار لكل القاطع في كل من النقطتين $ح$ و $د$ بالنسبة للفتحة الثانية نغير في معادله (ع)

$$\frac{4}{5} = \frac{1}{5} + \frac{3}{5}$$

ثم نجعل في المعادلة المذكورة $s = 1$ ، $s = 2$ ، $s = 3$ ، $s = 4$ ، $s = 5$ ، $s = 6$ ، $s = 7$ ، $s = 8$ ، $s = 9$ ، $s = 10$ ، $s = 11$ ، $s = 12$ ، $s = 13$ ، $s = 14$ ، $s = 15$ ، $s = 16$ ، $s = 17$ ، $s = 18$ ، $s = 19$ ، $s = 20$ ، $s = 21$ ، $s = 22$ ، $s = 23$ ، $s = 24$ ، $s = 25$ ، $s = 26$ ، $s = 27$ ، $s = 28$ ، $s = 29$ ، $s = 30$ ، $s = 31$ ، $s = 32$ ، $s = 33$ ، $s = 34$ ، $s = 35$ ، $s = 36$ ، $s = 37$ ، $s = 38$ ، $s = 39$ ، $s = 40$ ، $s = 41$ ، $s = 42$ ، $s = 43$ ، $s = 44$ ، $s = 45$ ، $s = 46$ ، $s = 47$ ، $s = 48$ ، $s = 49$ ، $s = 50$ ، $s = 51$ ، $s = 52$ ، $s = 53$ ، $s = 54$ ، $s = 55$ ، $s = 56$ ، $s = 57$ ، $s = 58$ ، $s = 59$ ، $s = 60$ ، $s = 61$ ، $s = 62$ ، $s = 63$ ، $s = 64$ ، $s = 65$ ، $s = 66$ ، $s = 67$ ، $s = 68$ ، $s = 69$ ، $s = 70$ ، $s = 71$ ، $s = 72$ ، $s = 73$ ، $s = 74$ ، $s = 75$ ، $s = 76$ ، $s = 77$ ، $s = 78$ ، $s = 79$ ، $s = 80$ ، $s = 81$ ، $s = 82$ ، $s = 83$ ، $s = 84$ ، $s = 85$ ، $s = 86$ ، $s = 87$ ، $s = 88$ ، $s = 89$ ، $s = 90$ ، $s = 91$ ، $s = 92$ ، $s = 93$ ، $s = 94$ ، $s = 95$ ، $s = 96$ ، $s = 97$ ، $s = 98$ ، $s = 99$ ، $s = 100$ ، $s = 101$ ، $s = 102$ ، $s = 103$ ، $s = 104$ ، $s = 105$ ، $s = 106$ ، $s = 107$ ، $s = 108$ ، $s = 109$ ، $s = 110$ ، $s = 111$ ، $s = 112$ ، $s = 113$ ، $s = 114$ ، $s = 115$ ، $s = 116$ ، $s = 117$ ، $s = 118$ ، $s = 119$ ، $s = 120$ ، $s = 121$ ، $s = 122$ ، $s = 123$ ، $s = 124$ ، $s = 125$ ، $s = 126$ ، $s = 127$ ، $s = 128$ ، $s = 129$ ، $s = 130$ ، $s = 131$ ، $s = 132$ ، $s = 133$ ، $s = 134$ ، $s = 135$ ، $s = 136$ ، $s = 137$ ، $s = 138$ ، $s = 139$ ، $s = 140$ ، $s = 141$ ، $s = 142$ ، $s = 143$ ، $s = 144$ ، $s = 145$ ، $s = 146$ ، $s = 147$ ، $s = 148$ ، $s = 149$ ، $s = 150$ ، $s = 151$ ، $s = 152$ ، $s = 153$ ، $s = 154$ ، $s = 155$ ، $s = 156$ ، $s = 157$ ، $s = 158$ ، $s = 159$ ، $s = 160$ ، $s = 161$ ، $s = 162$ ، $s = 163$ ، $s = 164$ ، $s = 165$ ، $s = 166$ ، $s = 167$ ، $s = 168$ ، $s = 169$ ، $s = 170$ ، $s = 171$ ، $s = 172$ ، $s = 173$ ، $s = 174$ ، $s = 175$ ، $s = 176$ ، $s = 177$ ، $s = 178$ ، $s = 179$ ، $s = 180$ ، $s = 181$ ، $s = 182$ ، $s = 183$ ، $s = 184$ ، $s = 185$ ، $s = 186$ ، $s = 187$ ، $s = 188$ ، $s = 189$ ، $s = 190$ ، $s = 191$ ، $s = 192$ ، $s = 193$ ، $s = 194$ ، $s = 195$ ، $s = 196$ ، $s = 197$ ، $s = 198$ ، $s = 199$ ، $s = 200$ ، $s = 201$ ، $s = 202$ ، $s = 203$ ، $s = 204$ ، $s = 205$ ، $s = 206$ ، $s = 207$ ، $s = 208$ ، $s = 209$ ، $s = 210$ ، $s = 211$ ، $s = 212$ ، $s = 213$ ، $s = 214$ ، $s = 215$ ، $s = 216$ ، $s = 217$ ، $s = 218$ ، $s = 219$ ، $s = 220$ ، $s = 221$ ، $s = 222$ ، $s = 223$ ، $s = 224$ ، $s = 225$ ، $s = 226$ ، $s = 227$ ، $s = 228$ ، $s = 229$ ، $s = 230$ ، $s = 231$ ، $s = 232$ ، $s = 233$ ، $s = 234$ ، $s = 235$ ، $s = 236$ ، $s = 237$ ، $s = 238$ ، $s = 239$ ، $s = 240$ ، $s = 241$ ، $s = 242$ ، $s = 243$ ، $s = 244$ ، $s = 245$ ، $s = 246$ ، $s = 247$ ، $s = 248$ ، $s = 249$ ، $s = 250$ ، $s = 251$ ، $s = 252$ ، $s = 253$ ، $s = 254$ ، $s = 255$ ، $s = 256$ ، $s = 257$ ، $s = 258$ ، $s = 259$ ، $s = 260$ ، $s = 261$ ، $s = 262$ ، $s = 263$ ، $s = 264$ ، $s = 265$ ، $s = 266$ ، $s = 267$ ، $s = 268$ ، $s = 269$ ، $s = 270$ ، $s = 271$ ، $s = 272$ ، $s = 273$ ، $s = 274$ ، $s = 275$ ، $s = 276$ ، $s = 277$ ، $s = 278$ ، $s = 279$ ، $s = 280$ ، $s = 281$ ، $s = 282$ ، $s = 283$ ، $s = 284$ ، $s = 285$ ، $s = 286$ ، $s = 287$ ، $s = 288$ ، $s = 289$ ، $s = 290$ ، $s = 291$ ، $s = 292$ ، $s = 293$ ، $s = 294$ ، $s = 295$ ، $s = 296$ ، $s = 297$ ، $s = 298$ ، $s = 299$ ، $s = 300$ ، $s = 301$ ، $s = 302$ ، $s = 303$ ، $s = 304$ ، $s = 305$ ، $s = 306$ ، $s = 307$ ، $s = 308$ ، $s = 309$ ، $s = 310$ ، $s = 311$ ، $s = 312$ ، $s = 313$ ، $s = 314$ ، $s = 315$ ، $s = 316$ ، $s = 317$ ، $s = 318$ ، $s = 319$ ، $s = 320$ ، $s = 321$ ، $s = 322$ ، $s = 323$ ، $s = 324$ ، $s = 325$ ، $s = 326$ ، $s = 327$ ، $s = 328$ ، $s = 329$ ، $s = 330$ ، $s = 331$ ، $s = 332$ ، $s = 333$ ، $s = 334$ ، $s = 335$ ، $s = 336$ ، $s = 337$ ، $s = 338$ ، $s = 339$ ، $s = 340$ ، $s = 341$ ، $s = 342$ ، $s = 343$ ، $s = 344$ ، $s = 345$ ، $s = 346$ ، $s = 347$ ، $s = 348$ ، $s = 349$ ، $s = 3$

$$= 2 + 17 + 96 \text{ کلوگرام}$$

$$= \frac{2}{4} \times 1000 \text{ کلوگرام}$$

$$857.49 \text{ kg} = \frac{m}{2} + \frac{m}{2} = m$$

وحیثذکوت

ولاجل تعيين الموضع الذي يكون فيه الحمل القاطع معدوما في كل من الفتحين يجعل في معادلة (٣) $\frac{e}{r} =$ بالنسبة لكل من الفتحين المذكورتين فيكون

س = ع د ١١ من النسبة المئوية الأولى (

سما = ٨٩٤ بالنسبة للفقعة الثانية

اعني ان الحمل القاطم ينعدم في كل فتحة في موضع عزم الالتئام، الا عظم فيها

ولاجل تعيين موضع سهم الاخفاء الاعظم في كل من الفتحين نضع بالنسبة للفتحة الاولى اب

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2}, \frac{1}{3} = \frac{1}{3}, \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

واذا رمينا الساعة طوك بالرمز

والسعة؟ ومدة الزمن؟ يكون

$$\frac{e(1+e)}{e} = 1 + e = 1$$

وحيث أن

$$e = \frac{v_{\text{ل}} + v_{\text{ل}}}{(v_{\text{ل}} + v_{\text{ل}})} \text{ في المقدار المطلق}$$

فیکو

$$s \frac{(a^2 + b^2)(c^2 + d^2)}{(c^2 + d^2)} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{12}$$

و کذا یکم

$$\frac{1}{16} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{2^2} \times \frac{1}{2^2} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$$

وبناء على ان $p = 1$ في هذه الحالة يكون

$$\frac{1}{16} = \frac{(2\text{ ل} + 1\text{ س}) (2\text{ ل} + 1\text{ س})}{(2\text{ ل} + 1\text{ س})} \times \frac{1}{16}$$

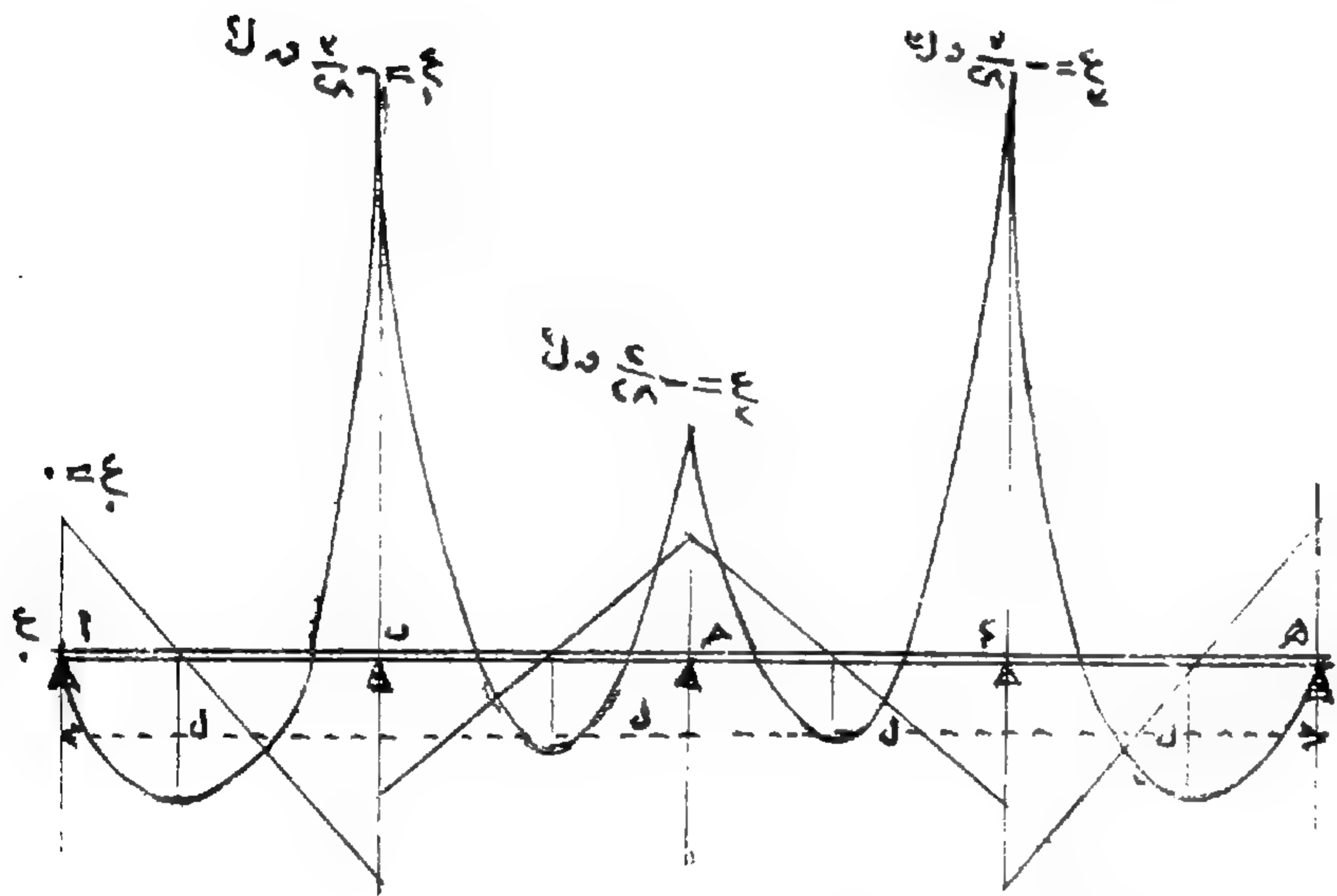
وحيث ان $S = L - S$ فيكون

$$(s+l)(s-l) = (s+l) \cdot \frac{s^2 + l^2}{(s+l)} \times \frac{e}{2}$$

ومن هذه المعادلة يستخرج مقدار π
 ومن علم مقدار π يستخرج سهم الانحناء الاعظم في من المعادلة
 $\text{ف} = \text{م} \text{ ل} \text{ ب} \text{ ب} - \text{أ} \text{ ب}$

وبمثل ذلك يتعين مقدار سهم الانحناء الاعظم وموضعه في النخبة الثانية م ه
 (المسألة ٩٦) عتب مركز على خمس نقط ارتكاز موجودة في استواء واحد ومتباعدة عن بعضها بالتساوي
 بعد كل منها عن المجاورة لها قدره ل وهذا العتب محل محل موزع بانتظام بالنسبة لفاصل الطولي من كل نقطة قدره
 ه والمطلوب

اولا معرفة مقادير عزيم الانثناء في نقط الارتكاز المتوسطة اي المحصورة بين نقطتي الارتكاز المتطرفتين
 وثانيا معرفة مقادير الاحمال القاطعة في جميع نقط الارتكاز المذكورة



الجواب - لأجل تعيين عزيم الانثناء

في نقط الارتكاز المتوسطة د ه

نضع المعادلات الآتية

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} + \text{ل} \text{ د} \text{ ه} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د}$$

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} + \text{ل} \text{ د} \text{ ه} + \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} \text{ ه}$$

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} + \text{ل} \text{ د} \text{ ه} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د}$$

وحيث انه ينبغ من المعادلة الاولى

والثالثة من المعادلات المذكورة ان

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د}$$

الح

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} + \text{ل} \text{ د} \text{ ه} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} \text{ ه}$$

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} + \text{ل} \text{ د} \text{ ه} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د}$$

وبطرح المعادلة الاولى من معادلات (١) من هذه المعادلة الأخيرة طرفاً بطرف يحدث

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} - \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} \text{ ه}$$

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} - \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} \text{ ه}$$

وبناء على ذلك يكون

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} - \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} - \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د} \text{ ه}$$

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د}$$

وحيث ان $\text{ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د}$ فيكون

$$\text{ه} \text{ ل} \text{ د} = \text{ه} \text{ ل} \text{ ه} \text{ ل} \text{ د}$$

ولأجل

ولأجل تعيين الأحوال القاطعة في نقط الارتكاز نضع المعادلة العمومية وهي

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots \quad (e)$$

ولإيجاد الحل القاطع في كل من نقطتي الارتكاز (١) و (٢) يجعل في المعادلة المذكورة ابتداء أن $S = 0$.
 فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

ثم يجعل فيها $S = 0$ فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

 ولأجل تعيين الحل القاطع في كل من نقطتي الارتكاز (١) و (٢) بالنسبة لكل من الفئتين المتطرفتين نجعل
 ابتداء في معادلة (٢) أن $S = 0$ فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

ثم يجعل فيها $S = 0$ فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

ولأجل تعيين الحل القاطع في كل من نقطتي الارتكاز (١) و (٢) بالنسبة لكل من الفئتين المتوسطتين
 (١) و (٢) نجعل ابتداء في معادلة (٢) أن $S = 0$ فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

ثم يجعل فيها $S = 0$ فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

ولأجل تعيين الحل القاطع في نقطة الارتكاز (٣) بالنسبة لكل من الفئتين المتوسطتين المذكورتين نجعل
 ابتداء في معادلة (٢) أن $S = 0$ فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

ثم يجعل فيها $S = 0$ فيكون

$$\frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

وعينئذ يمكن وضع الاحتمال القاطعة على الترتيب الآتي

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots \\ \frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots \\ \frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots \end{array} \right. \text{ ومنها يحدث } \frac{E}{L} = \frac{E_1}{L_1} + \frac{E_2}{L_2} + \frac{E_3}{L_3} + \dots$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{14}{48} = \frac{7}{24} \\ \frac{14}{48} = \frac{7}{24} \end{array} \right. \text{ ومنها يحدث } \frac{7}{24} = \frac{7}{24}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{15}{48} = \frac{5}{16} \\ \frac{17}{48} = \frac{17}{48} \end{array} \right. \text{ ومنها يحدث } \frac{5}{16} = \frac{5}{16}$$

$$\frac{11}{48} = \frac{11}{48}$$

وليفهم من ذلك أنه في هذه الحالة تكون الاحمال القاطعة في نقط الارتكاز المتماثلة بالنسبة
 لنقطة الارتكاز المتوسطة متساوية
 (تنبيه) الاشارات الناتجة من الحسابات تدل فقط على جهات الاحمال القاطعة بالنسبة لبعضها
 في الصفحة الواحدة ولا يجب في هذه الحالة مراعاة اختلاف الاشارة بالنسبة للاحمال القاطعة الواقعة
 في نقطة واحدة بل يجب اعتبار ان الاحمال القاطعة الواقعة في نقطة واحدة متحدة الاشارة وان
 لكل القاطع الكلي الواقع فيها يساوي مجموعها



والى هنا تم طبع المسائل الخاصة بالجزء الأول مقاومة مواد وعلى الله حسن التكاليف



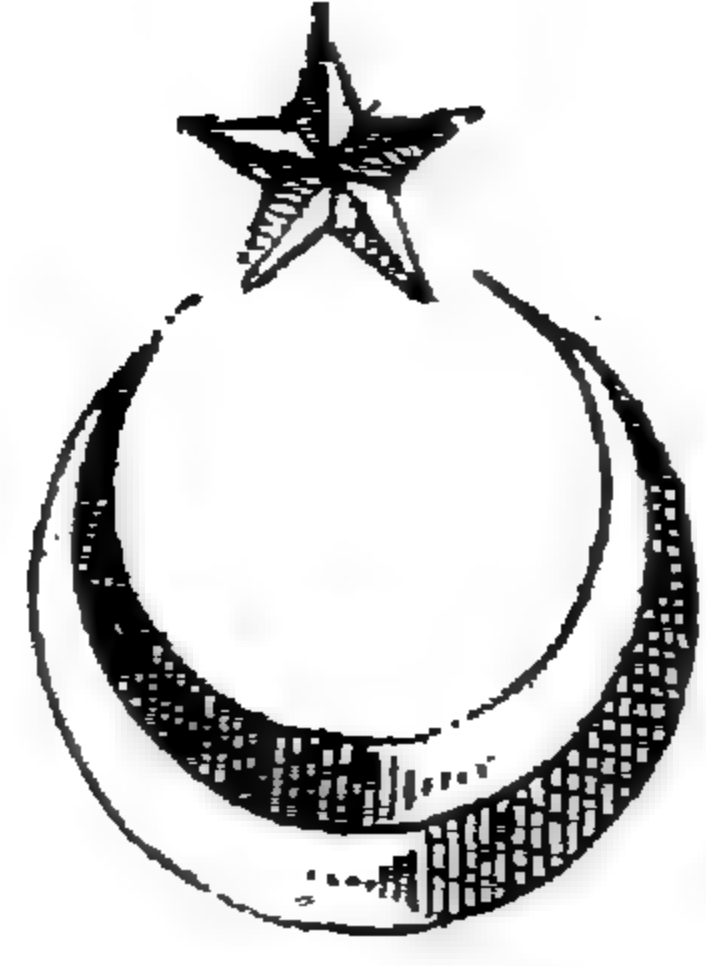
دروس مقاومة المواد

الجارى تدريسها لتلامذة السنة الثالثة مهندسين ومعماريين من مدرسة المهندسخانه الخديويه
بمعرفة
حضرة احمد بك ذهني
ناظر المدرسة

على حسب الجداول التفصيلية للعلوم الجارى تدريسها بمدرسة المهندسخانه الخديويه
الصادر عليها قرار نظارة المعارف العموميّه في ٣٠ اغسطس سنة ١٨٩٤ المجعولة ذيل
لقانون المدرسة المذكورة المصدق عليه من مجلس النظار في ٨ يونيه سنة ١٨٩٤

طبع
بمدرسة المهندسخانه الخديويه بسراى درب الجماميز
(سنة ١٨٩٧ افريكة)

حقوق الطبع محفوظة للمدرس



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ميكانيكا تطبيقية

مقاومة المواد

تطبيق حسابات المقاومة على القناطر الخشبية والمعدنية

مقدمة - الحمل العارضى في الممرات الخشبية المعدة لمرور المشاة فقط يعتبر ٣٠٠ كيلوجرام على المتر المربع

أما الحمل المستديم فإنه يحسب بناء على الاحمال الثابتة المحملة على العتب
ثم يحسب بناء على الحمل المستديم والحمل العارضى المذكورين مقدار الحمل الموزع بانتظام على المتر الطولى
من الاعتاب والقطع الحاملة ويجب بعد ذلك عزم الانحناء كما سيأتى وهذا في حالة ما يكون الممر مركبا من
فحة واحدة وأما اذا كان مركبا من عدة فتحات فيجب لحمل الموزع بانتظام على المتر الطولى من العتب بالنسبة
لكل من الحمل المستديم والحمل العارضى على الانفراد ثم تحسب عزم الانحناء بالنسبة لكل منها كما سيأتى
وانقال عربات الاحمال المعتبرة وحسابات قناطر الطرق هي

طوفولات
عديدة

٦	للعربة ذات العجلتين	{ عربات خفيفة
٨	للعربة ذات الاربع عجلات	
١١	للعربة ذات العجلتين	{ عربات ثقيلة
١٦	للعربة ذات الاربع عجلات	

وفي العربات ذات الاربع عجلات يعتبر البعد بين الدبجلين ٣.٠٠ متر اذا كانت العربة ثقيلة ٥.٠٠ متر

اذا

إذا كانت خفيفة

وأما الحمل العارضى على تورد وتوارات القناطر على العموم سواء كانت طرق أو سكك حديد فإنه يعتبر ٣٠٠ كيلوجرام بالنسبة للمتر المربع واثقال وأبورات السكة الحديد مع عربات الذخائر وطوالها المستعملة في حسابات القناطر المعدة للسكك الحديدية هي في المتوسط كما يأتي

طول متر	طول متر
٤٤	٩
٣٠	٦٥
٧٤	١٥٥

ويجب الاعتبار المعدنية الطولية المعدة لحمل سكة حديد باعتبار حمل عارضى موزع بانتظام على المتر الطولي من السكة الحديد الواحدة أي من الشريط الواحد بالنسبة لمقدار فتحة القنطرة من الجدول الآتي

رقم القنطرة	الحمل العارضى الموزع بانتظام على المتر الطولي من الشريط الواحد	رقم القنطرة	الحمل العارضى الموزع بانتظام على المتر الطولي من الشريط الواحد	رقم القنطرة	الحمل العارضى الموزع بانتظام على المتر الطولي من الشريط الواحد	رقم القنطرة	الحمل العارضى الموزع بانتظام على المتر الطولي من الشريط الواحد
٢	١٢٠٠٠	١٠	٧٣٠٠	١٨	٥٤٠٠	٢٦	٢٩٠٠
٣	١٠٥٠٠	١١	٦٩٠٠	١٩	٥١٠٠	٢٧	٢٨٠٠
٤	١٠٤٠٠	١٢	٦٥٠٠	٢٠	٤٩٠٠	٢٨	٢٧٠٠
٥	٩٨٠٠	١٣	٦٤٠٠	٢٥	٤٥٠٠	٢٩	٢٥٠٠
٦	٩٥٠٠	١٤	٥٩٠٠	٣٠	٤٣٠٠	٣٠	٢٤٠٠
٧	٨٩٠٠	١٥	٥٧٠٠	٣٥	٤٢٠٠	٣١	٢٣٠٠
٨	٨٣٠٠	١٦	٥٥٠٠	٤٠	٤١٠٠	٣٢	٢٢٠٠
٩	٧٨٠٠	١٧	٥٤٠٠	٤٥	٤٠٠٠	٣٣	٢١٠٠
						٣٤	٢٠٠٠

والنقل المستديم المتوسط مقدرا بالكيلوجرامات بالنسبة للمتر الطولي من القناطر المعدنية التي من الصاج الكاملة لسكك حديد يتعين من القانونين الآتيين

$$(1) \quad \dots\dots\dots 2420 - \sqrt{(28+s)^2 + 50} = 51 \text{ ث}$$

$$(2) \quad \dots\dots\dots 2404 - \sqrt{(28+s)^2 + 50} = 9282 \text{ ث}$$

فقانون (١) يستعمل للقناطر الحاملة لسكة حديد واحدة

وقانون (٢) يستعمل للقناطر الحاملة لسكتي حديد

وثقل المتر المربع من القناطر الصاج الحاملة لسكة حديد يتعين من القانون

$$(3) \quad \dots\dots\dots 550 - \sqrt{(28+s)^2 + 50} = 1109 \text{ ث}$$

وهذا القانون يتحصل من القانون الأول بقسمة الطرف الثاني على ٤٤ متر الذي هو عرض القنطرة الحاملة لسكة حديد واحدة ويحصل من القانون الثاني بقسمة الطرف الثاني منه على ٨ متر الذي هو عرض قنطرة حاملة لسكتي حديد

وثقل المتر المربع من القناطر الصاج الحاملة لطريق معتاد يتعين من القانون

$$(4) \quad \dots\dots\dots 375 - \sqrt{(20+s)^2 + 50} = 180 \text{ ث}$$

وإذا كانت القنطرة من الزهر وحاملة لطريق معتاد يتعين ثقل المتر المربع منها من القانون

$$(5) \quad \dots\dots\dots 410 - \sqrt{(30+s)^2 + 50} = 90 \text{ ث}$$

وفيه الخمسة قوانين من رملقطة القنطرة أولقطة العين الواحدة والأنقال الناقجة منها تختص بالأجزاء المعدنية فقط بدون الدكة والعقود التي تلزم للعرشة وبالحملة فإنه يمكن استعمال الجدول الآتي عوضاً عن القوانين السابقة

متر	قناطر من الصاج تحمل السكك الحديدية		قناطر من الصاج تحمل السكك الحديدية		متر	قناطر من الصاج تحمل السكك الحديدية		قناطر من الصاج تحمل السكك الحديدية		متر
	ثقل المتر المربع بالكيلوجرام	بالنسبة لسكة حديد واحدة	ثقل المتر المربع بالكيلوجرام	بالنسبة لسكتي حديد		ثقل المتر المربع بالكيلوجرام	بالنسبة لسكة حديد واحدة	ثقل المتر المربع بالكيلوجرام	بالنسبة لسكتي حديد	
٥	٦٣٥	١١٥٦	١٤٤	١٠٠	٦٥	٩٦٦	٥٣٨٨	٦٧٤	٤٦٣	٥٧٨
١٠	٧٨٣	١٤٤٥	١٧٨	١٢١	٧٠	٢٤٩١	٥٨٠٨	٧٤٥	٥٠٠	٦١٨
١٥	٩٤٣	١٧١٦	٢١٤	١٤٤	٧٥	٣٤٤٠	٦٤٤٤	٧٧٧	٥٣٧	٦٦٠
٢٠	١١١٥	٢٠٤٩	٢٥٣	١٦٩	٨٠	٣٦٤٩	٦٦٤١	٨٢٩	٥٧٥	٧٠٤
٢٥	١٢٩٥	٢٣٥٣	٢٩٤	١٩٣	٨٥	٣٨٨٤	٧٠٦٣	٨٨٤	٦١٣	٧٤٤
٣٠	١٤٨٥	٢٧٠٣	٣٣٧	٢٢٧	٩٠	٤١١٦	٧٤٩١	٩٣٥	٦٥٤	٧٨٦
٣٥	١٦٨٠	٣٠٥٨	٣٨٤	٢٥٧	٩٥	٤٣٥٠	٧٩١٣	٩٨٩	٦٩١	٨٢٨
٤٠	١٨٨٤	٣٤٤٩	٤٢٨	٢٨٩	١٠٠	٤٥٨٨	٨٣٥٠	١٠٤٣	٧٥٠	٨٧١
٤٥	٢٠٩١	٣٨١٦	٤٧٥	٣٢٢	١٠٥	٤٨٢٦	٨٧٨٣	١٠٩٧	٧٦٩	٩١٤
٥٠	٢٣٠٥	٤١٩٥	٥٢٤	٣٥٦	١١٠	٥٠٦٥	٩٢١٨	١١٥١	٨٠٩	٩٥٨
٥٥	٢٥٤٤	٤٥٩١	٥٧٣	٣٩١	١١٥	٥٣٠٦	٩٦٥٣	١٢٠٦		
٦٠	٢٧٤١	٤٩٨٩	٦٢٣	٤٢٧						

تابع الجدول السابق

قناطر من الصاج لحمل السكك الحديدية				قناطر من الصاج لحمل السكك الحديدية			
ارتفاع متر	نقل المتر الطولي بالكيلوجرام		نوع	ارتفاع متر	نقل المتر الطولي بالكيلوجرام		نوع
	بالنسبة لسكة حديد واحدة	بالنسبة لسكة حديد			بالنسبة لسكة حديد واحدة	بالنسبة لسكة حديد	
١٢٠	٥٥٤٧	١٠٠٩٥	١٢٦٢	١٤٠	٦٧٦٤	١٤٣١٠	١٥٣٧
١٢٥	٥٧٨٩	١٠٥٣٦	١٣١٦	١٥٠	٧٠٠٩	١٤٧٥٦	١٥٩٣
١٣٠	٦٠٣١	١٠٩٧٦	١٣٧١	١٥٥	٧٤٥٥	١٤٤٠٤	١٦٤٩
١٣٥	٦٤٧٦	١١٤٢٢	١٤٢٦	١٦٠	٧٥٠١	١٣٦٥٤	١٧٠٥
١٤٠	٦٥١٩	١١٨٦٤	١٤٨١				

وهالك جد ولا يشتمل على أبعاد بعض حديد على شكل ضعف حرف T اعني على شكل I مأخوذة من طالس بعض القابريقات

الارتفاع متر	أبعاد الحديد بالسنتيمتر			الارتفاع متر	أبعاد الحديد بالسنتيمتر		
	العرض	الرفوس الأفقية			العرض	الرفوس الأفقية	
		السكن	الارتفاع			السكن	الارتفاع
١	١٠	٤٠٣	٢٨٥	١٠	٤٠٣	٢٨٥	٨٥٤
٢	١٤	٤٠٥	٢٧٠	١٤	٤٠٥	٢٧٠	١٠٨٤
٣	١٤	٤٠٧	٢٧٥	١٤	٤٠٧	٢٦٤	١٤٤٠
٤	١٤	٨٢٠	٢١٠	١٤	٨٢٠	٢٨٥	٢٨٢٨
٥	١٦	٤٠٨	٢٧٠	١٦	٤٠٨	٢٩٠	١٨٨٠
٦	١٦	٨٠٠	٢١٠	١٦	٨٠٠	٢٨٥	٣٣٩٤
٧	١٦	١٤٠٠	٢٤٧	١٦	١٤٠٠	٢١٠	٥٦٨٤
٨	١٨	٥٠٥	٢١٠	١٨	٥٠٥	٢٩٠	٢٩٤٠
٩	١٨	١٠٠٠	٢٣٥	١٨	١٠٠٠	٢٩٠	٥٧١٦
١٠	٢٠	١١٠٠	٢٣٥	٢٠	١١٠٠	٢١٠	٧٢٤٤
١١	٢٢	٦٠٤	٢١٥	٢٢	٦٠٤	٢٩٠	٤٧٤٤
١٢	٢٤	١٠١٥	٢٣٦	٢٤	١٠١٥	٢١٥	٨٩٥٤
١٣	٢٥	١٣٠٠	٢٦٠	١٣	١٣٠٠	٢٣٠	١٣١٠٨
١٤	٢٦	١٣٠٠	٢٣٨	١٤	١٣٠٠	٢٤٠	١٤٣٦٤
١٥	٣٠	١٤٠٨	٢٠٧	١٥	١٤٠٨	٢١٠	٢٢٦١٤
١٦	٤٠	١٤٠٠	٢٠٠	١٦	١٤٠٠	٢٥٥	٣١٨٦٠
١٧	٥٠	١٦٠٠	٣٠٨	١٧	١٦٠٠	٢٠٠	٧٤٦٤٨

ولبيان القوة العملية لعب ما على شكل I نفرض عتبا من هذا القبيل طوله ٨٠٠ متر وثقل المتر الطولي منه

٣٠٠٠ كيلوجرام

١٠٠٠ كيلوجرام

٦٠٠ كيلوجرام

٦٤٠ كيلوجرام

٣٤٠

١٤٠٠ كيلوجرام

١٠٠٠

١٨٠ كيلوجرام

٤٧٠٠

ويضرب هذا المقدار في طول العتب وهو ٨٠ متر فيكون الحاصل وهو ٤١٦٠٠ كيلوجرام هو القوة العملية للعتب

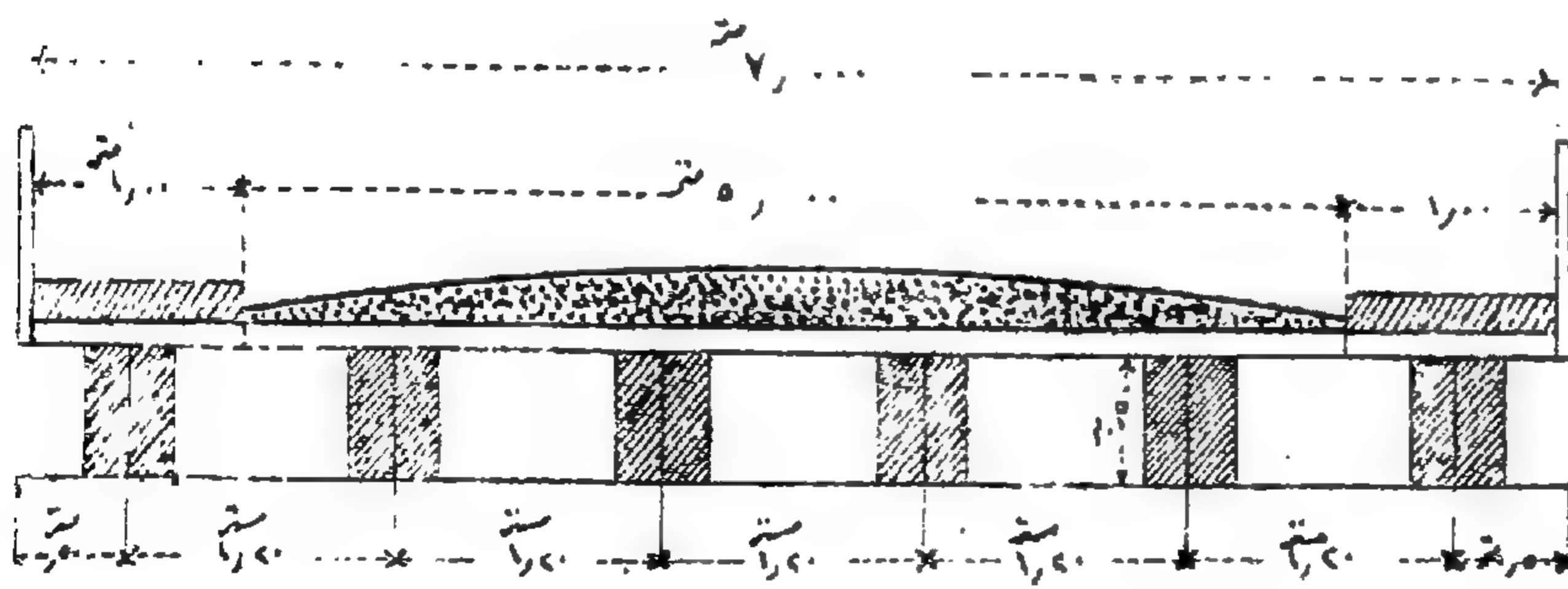
المفروض

وعينئذ يكون العتب المذكور هو العتب المقابل لنمر ١٥ تقريبا حيث ان ٤١٦٠٠ كيلوجرام يقرب من المقدار

المجدولى ٤٢٦١٢

في حساب قنطرة خشبية

نفرض أن مقدار فتحة قنطرة خشبية ثمانية أمتار وعرضها سبعة أمتار وتتركب من ستة أعتاب أصلية ارتفاع كل منها ٦٠ سم والبعد الكائن بينها من محور إلى آخر يساوى ٤٠ رامتة كما هو موضح في شكل وان القنطرة المذكورة معدة لمرو طريق معتاد والمطلوب حساب عرض كل من الأعتاب المذكورة



لذلك يبدأ أولا بتعيين ما يخص

المتر الطولى من كل عتب من الأعتاب

المذكورة من الحمل المستديم الموزع

بانتظام وعينئذ فيجث عن سطح

الجزء المحصور بين محوري عتبتين

حيثا اتفق فيكون ٩٠ متر ثم

يضرب هذا العدد في السبك المتوسط لدكة الطريق والتورقارين ولكن ٢٠ متر فيكون الناتج وهو ١٨٠٠

متر مكعب وحيث أن ثقل المتر المكعب من الدكة المذكورة يساوى ٤٠٠ كيلوجرام تقريبا فيكون ثقل الدكة

المحصورة بين عتبتين متتاليتين هو ١٨٠٠ كيلوجرام ويكون حينئذ مقدار الحمل المستديم الموزع بانتظام

على المتر الطولى من العتب هو ٦٠٠ كيلوجرام ومن حيث أن الطريق معد لمرو العربات وكان ثقل أثقل عربة

يساوى ١٦ طونفلاية أعنى ١٦٠٠٠ كيلوجرام والبعد الكائن بين دنجلى العربة الواحدة يساوى ٣٠ متر

حينئذ

فيستند يخص المتر الطولي ٥٣٣٣ كيلوجرام بحيث انه يمكن مرور عربتين مجاورتين لبعضهما فيكون الثقل على المتر الطولي هو ١٠٦٦٦ كيلوجرام وكان هذا الثقل موزعا على اربعة أعتاب كما هو مشاهد من الشكل فيكون مقدار ما يخص المتر الطولي من العتب الواحد بالنسبة للحمل العارضى الموزع بانتظام هو ٢٦٦٦ كيلوجرام تقريبا ويمكن اعتبار هذا الحمل للسهولة ٢٠٠٠ كيلوجرام فقط

وحينئذ فيمكن حساب عرض كل من الاعتاب المتوسطة المذكورة بناء على أن الحمل الموزع بانتظام على طول كل عتب هو مجموع الحملين المستديم والعارضى حيث أن القطر ذات فتحة واحدة وعليه فيكون مقدار الحمل الداخلى في الحساب هو ٢٦٠٠ كيلوجرام بالنسبة للمتر الطولي من العتب ومع ملاحظة اعتبار الاعتاب مرتكزة بنهايتها فقط فإنه من معادلة

$$ع = \frac{1}{8} \times ٢٦٠٠$$

التي فيها ع رمز لعزم الانحناء الاعظم ما يمكن ، و لمقدار الثقل الموزع بانتظام على المتر الطولي ، و رمز لطول العتب يجب مقدار ع فيكون $ع = ٢٠٨٠٠$

ثم يوضع مقدار ع هذا في معادلة

$$ع = \frac{م \times ٢٠٨٠٠}{٢٦٠٠}$$



ش ٢

التي فيها م = ١٠ × ٨ بالنسبة للخشب ، و = ٦٠ رتبة ، و رمز لعزم قصور قطاع العتب الذي هو هنا مستطيل كما في شكل ٢ فيكون

$$\frac{٢٠٨٠٠ \times ١٠ \times ٨}{٢٦٠٠} = \frac{٢٠٨٠٠ \times ٨٠}{٢٦٠} = ٦٤٦٦$$

$$٦٤٦٦ = \frac{٢٠٨٠٠ \times ٦}{٢٦٠ \times ١٦} = ٧٨$$

$$\frac{١}{١٦} \times ٦٤٦٦ = ٤٠٤$$

$$\frac{٧٨ \times ١٤}{٢٦٠} = \frac{١٠٩٢}{٢٦٠} = ٤٢$$

$$ب = ٤٢ رتبة$$

وهذا المقدار الأخير هو بالنسبة للأربعة أعتاب المتوسطة كما ذكر اعني عرض كل منها يساوى ٤٣ متر أما بالنسبة لكل من العتبين المتطرفين فيكون العرض اقل من ذلك حيث ان كلا منهما حامل للتوروتوارات فقط تقريبا وحيث أن الحمل العارضى على التوروتوارات هو ٣٠٠ كيلوجرام على المتر المربع فيكون الحمل الكلى الموزع بانتظام بالنسبة للمتر الطولي هو لكل من العتبين المتطرفين المذكورين هو ٩٠٠ كيلوجرام أو لزيادة الأمانة ١٠٠٠ كيلوجرام حيث أن السعة المحمولة تساوى ١٠ رتبة وحينئذ يكون

$$ع = \frac{1}{8} \times ٨٠٠٠$$

$$\frac{٨٠٠٠ \times ١٠ \times ٨}{٢٦٠٠} = \frac{٨٠٠٠ \times ٨٠}{٢٦٠} = ٢٤٦٦$$

$$\frac{٢٤٦٦}{٢٦٠} = ٩٤٦٦$$

$$\frac{١}{١٦} \times ٩٤٦٦ = ٥٩١٦$$

$$b = \frac{2003 \times 12}{216} = \frac{36}{216} = 17 \text{ متر}$$

أعني عرض كل من العتبتين المتطرفتين يساوي ١٧ متر

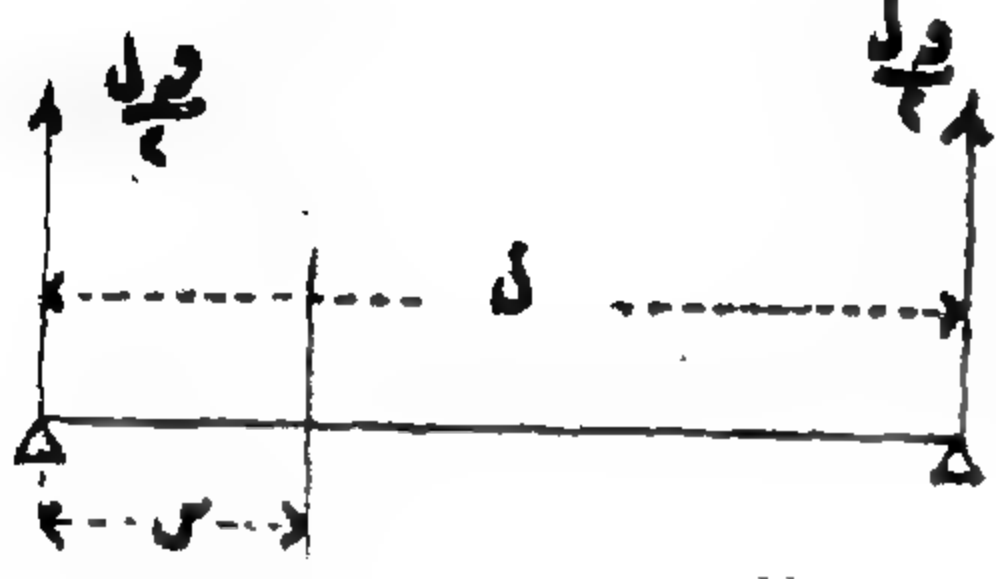
ومن حيث أن عزم الانحناء في أي نقطة متباعدة عن إحدى نقطتي الارتكاز بالبعد s (شكل ٣) يعطى بالمعادلة

$$E = \frac{W}{L} s - \frac{W}{L} s$$

وكان الحمل القاطع هو المشتقة برتبة أولى لعزم الانحناء فإذا رمز له بحرف H يكون

$$H = \frac{W}{L} s - \frac{W}{L} s = 0 \quad \left(\frac{W}{L} s - \frac{W}{L} s \right)$$

ومن هذه المعادلة يرى أن اعظم مقدار للحمل القاطع يكون في نقطتي الارتكاز ومقداره $\frac{W}{L}$



شكل ٣

وحينئذ يلزم أن يكون قطاع أحد الاعتاب المتوسطة محققاً للحمل القاطع وكذلك قطاع أحد العتبتين المتطرفتين وحيث أن قطاع أحد الاعتاب المتوسطة يساوي $600 \times 630 = 378000$ ميليمتر مربع وكان معامل مقاومة الخشب يساوي ٨ كيلوجرام بالنسبة للميليمتر المربع فيكون مقاومة القطاع المذكور مساوية إلى 306400 كيلوجرام وهي أكبر بكثير عن مقدار الحمل القاطع وهو $\frac{W}{L} = 10400$ كيلوجرام وكذا بالنسبة لأحد العتبتين المتطرفتين فإن مقدار القطاع لأحدهما هو

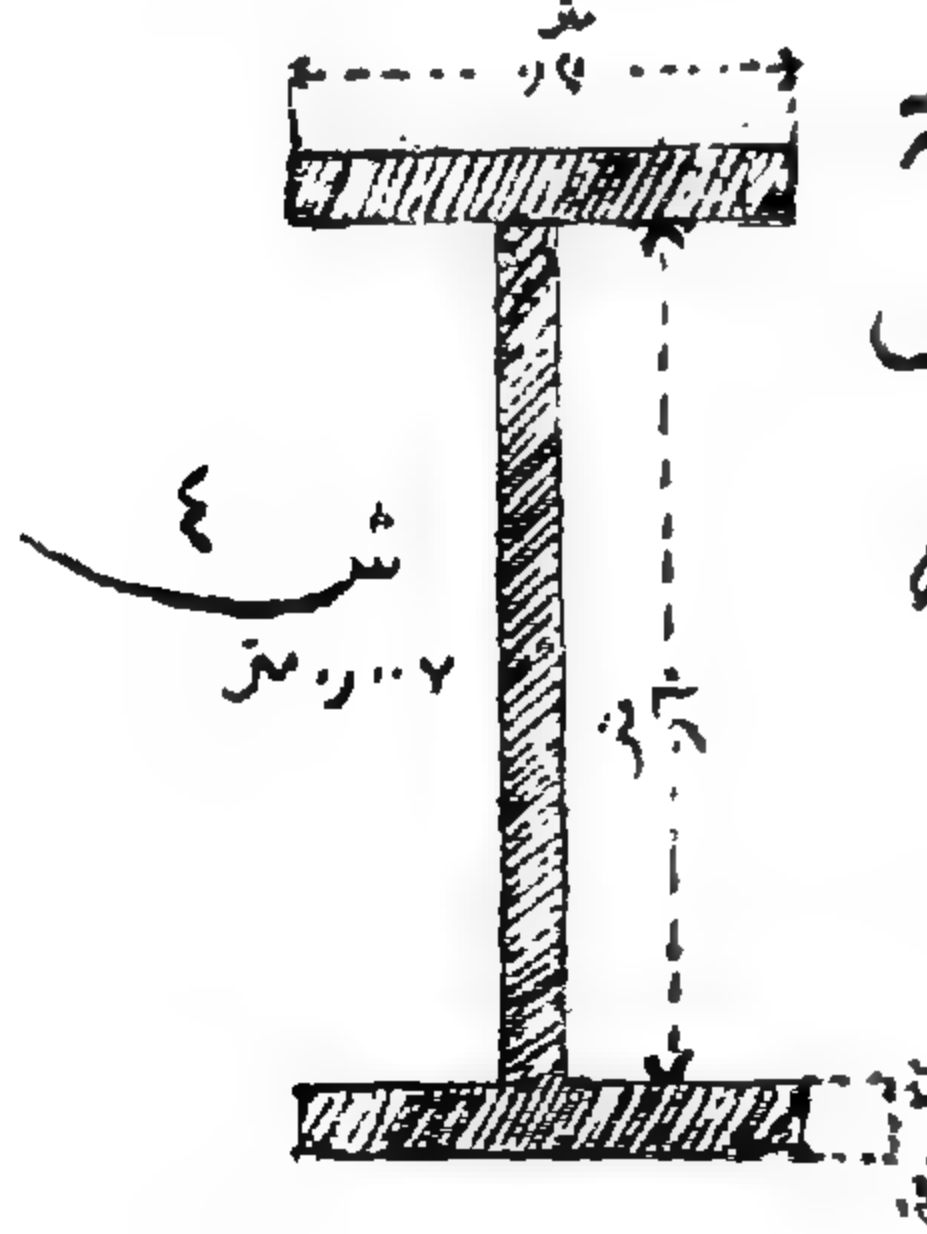
$$600 \times 170 = 102000 \text{ ميليمتر مربع ويقاوم إلى } 81600 \text{ كيلوجرام وهذا المقدار أكبر بكثير}$$

أيضاً عن الحمل القاطع بالنسبة للعتب المتطرف وهو $\frac{W}{L} = 4000$ كيلوجرام

ويفهم من ذلك أن قطاعات جميع الاعتاب محققة وزيادة للحمل القاطع وعليه فتكون موافقة لحل المسألة وقد قطع النظر في الحساب عن ثقل العتب حيث أنه قليل بجانب كل من الحمل المستديم والحمل العارضى

في حساب قنطرة من الحديد ذات فتحة واحدة

باعتبار أن القنطرة المذكورة تتركب من عتبتين أصليتين فقط من الحديد على شكل ضعف حرف T لحسابها يرجع إلى حساب أحد العتبتين المذكورتين فإذا فرض مثلاً أن طول أحد العتبتين ٦٠ متر وارتفاعه ٦٠ متر وأن سمك البدن أو الروح يساوي ٧٠٠ مم وأن عرض كل من الرأسين يساوي ٤٠ متر كما في شكل ٤



شكل ٤

وكان المطلوب حساب سمك كل من الرأسين المذكورين بعد معلومية أن معامل مقاومة الحديد $= 6$ كيلوجرام على الميليمتر المربع وأن الحمل الثابت بالنسبة للمتر الطولي من العتب يساوي ١٢٠٠ كيلوجرام بما فيه ثقله بالتقريب وأن الحمل العارضى بالنسبة للمتر الطولي هو ٩٠٠ كيلوجرام

مثلاً يقال أنه في هذه الحالة يكون الحمل الكلي منه بالنسبة للمتر الطولي هو ٢١٠٠ كيلوجرام وبالنسبة للعتب بتمامه هو ١٢٦٠٠ كيلوجرام

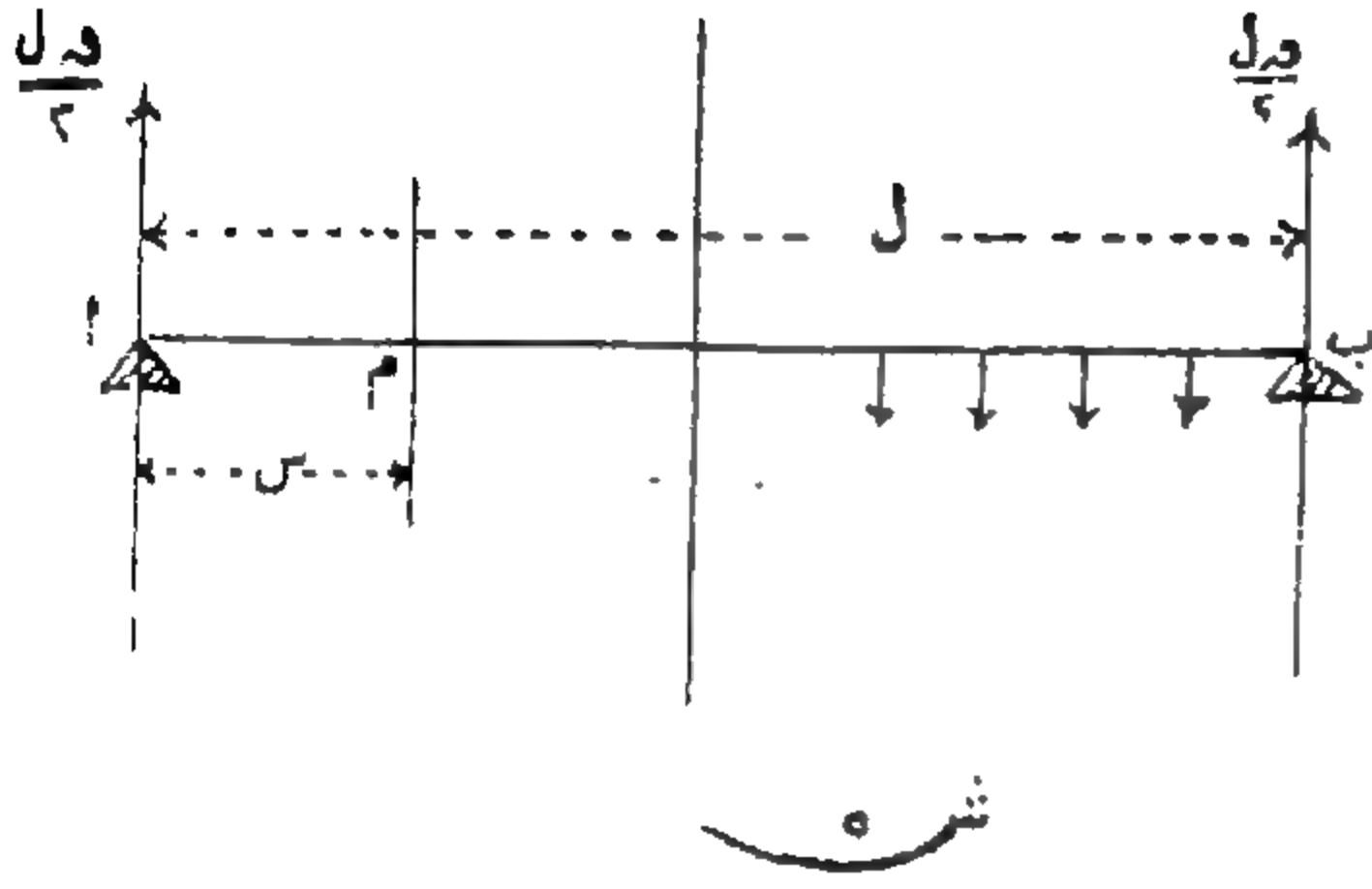
وحيث أن القوة القاطعة تكون أعظم ما يمكن على نقطتي الارتكاز فتكون مساوية لنصف الحمل الكلي

أعني

أعني مساوية الى ٦٣٠٠ كيلوجرام
وعدم الانتواء في نقطة مثل م شكل متباعدة عن نقطة ١ بالبعد س يكون معينا بالمعادلة

$$ع = \frac{و.ك.س}{٦} - \frac{و.س}{٦} = \frac{و.س}{٦} (ل - س)$$

وهذا العزم يكون نهاية عظمي حينما يكون س = ١/٦ ل أعني في وسط القتب



وحينئذ على بعد ٠.٢١ من نقطة ١ يكون

$$ع = ٥٢٥٠ \text{ وعلى بعد } ٠.٢١ \text{ يكون}$$

$$ع = ٨٤٠٠ \text{ وعلى بعد } ٠.٣٧ \text{ يكون}$$

$$ع = ٩٤٥٠$$

وهذه الثلاثة رؤسيات كافية لرسم المخطط المكافئ البسيط للعزم
وقطاع القتب يتعين بالقانون

$$م = \frac{ع}{٢}$$

الذي يلزم ان يجعل فيه م = ٦٠٠٠٠ (٦٠ × ٦ = ٦٠٠٠٠) $\frac{ع}{٢} = ٣٠٠٠٠$ ع = ٩٤٥٠ ومنها يحدث

$$٢٠٠٠٠ \times ٤٧٤٥ = \frac{٩٤٥}{٦} = \frac{٢٣ \times ٩٤٥٠}{٦٠ \times ٦} = ٢٠٠٠٠$$

ولكن عزم قصور الروح هو تقريبا $\frac{١}{٦} \times ٢٠٠٧ \times ٠.٢٦ = ٢٠٠٠٠١٢٦$ وحينئذ يكون عزم قصور مجموع الرأسين هو ٢٠٠٠٣٤٦٥

حينئذ اذا مزج حرف س لسلك كل من الرأسين المذكورين يكون مساحة كل منها هو ٠.١٠٨ س ومنها يحدث

$$س = \frac{٢٠٠٠٣٤٦٥}{٢٠.١٠٨} = ٠.٣٤ \text{ متر}$$

وحينئذ يكون سلك كل من الرأسين ٠.٣٤ متر

فاذا أريد تركيب الرأسين المذكورين من زوايا وصفائح المبرشم مع بعضه او المبرشم أيضا على البدن المكون من الصاج أيضا فيستعمل مثلا كما في شكل زوايا $\frac{٨٠ \times ٨٠}{١٠}$ وكل زاوية يكون سطحها ٠.١٥ متر. والجزء المتوسط لهذا السطح هو تقريبا على بعد ٠.٤٥ متر من المحور العرضي للعتب بحيث

يكون عزم قصور الاربعة زوايا المجمعة مع بعضها هو

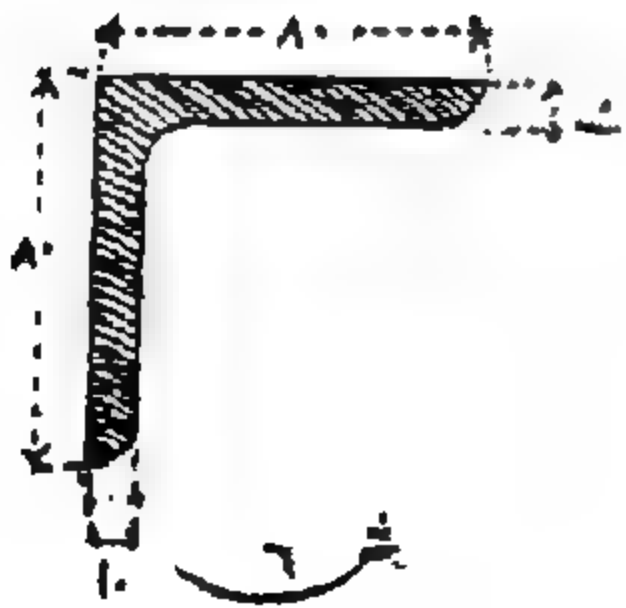
$$٢ \times ٠.١٥ \times ٠.٢٥ = ٠.٠٧٥ \times ٩٣٧٥ = ٠.٠٠٠٩٣٧٥$$

ولا يبقى سوى البحث في الرأسين عن عزم قصور يكون مساويا الى
(٠.٠٠٠٣٤٦٥ - ٠.٠٠٠٩٣٧٥) أعني مساويا الى

$$٠.٠٠٠٤٥٠٠٠$$

وحينئذ يبين السلك س لكل من الرأسين من القافون

م . ق . مقاومة مواد



$$س = \frac{200045455}{20108} = 9946.04 \text{ متر}$$

وحينئذ فيمكن ان تكون كل رأس من لوحين من الصاج سمك كل منها ٠.١٤ متر ومن ثلاثة الواح سمك كل منها ٠.٠٨ متر كما في شكل ٧

ومزية تكوين العتب من الواح من الصاج ومن زوايا هي عدم الاضطراب الى مد الواح الرأس بطول العتب بتمامه وحيث أن عزم الانثناء آخذ في النقص بالاستعداد من وسط العتب لغاية نهايتيه اللتين ينعدم فيها فينبغي تقصير الواح الرأسين على التوالي من الوسط الى حدمعين وهاك بيان ذلك

أن الروح والزوايا واللوح الأول الذي سمكه ٠.٠٨ متر ينتج عنها معازم قصور

$$0.000126 + 0.0009375 + 0.0008418 = 0.0019053$$

وعزم القصور هذا ك كاف لان يزن مع عزم انثناء ع = $\frac{1.4}{6} = 0.233$

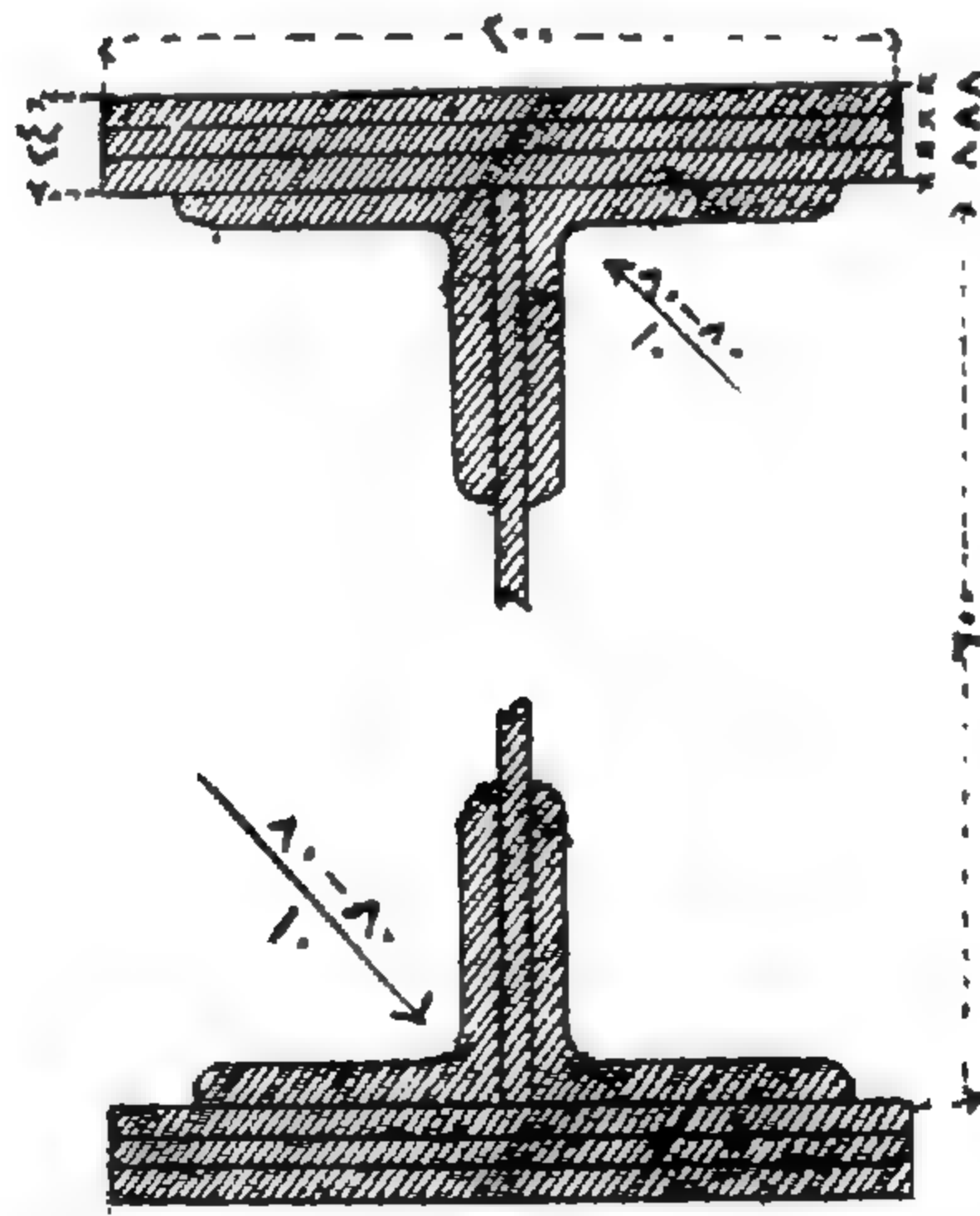
ولنفرض أن الروح والزوايا واللوح الأول تمتد بطول العتب بتمامه وعزم الانثناء المقابل لذلك يكون مبينا في كل نقطة بالرأس المستطيل أم نه ب شكل ٨ الدال على العدد ٠.٧٨ مقدرا بالمقياس

وحيث أن عزم قصور اللوح الثاني من الرأسين هو ٠.٠٠٠٨٤١٨ ويقابل لعزم انثناء

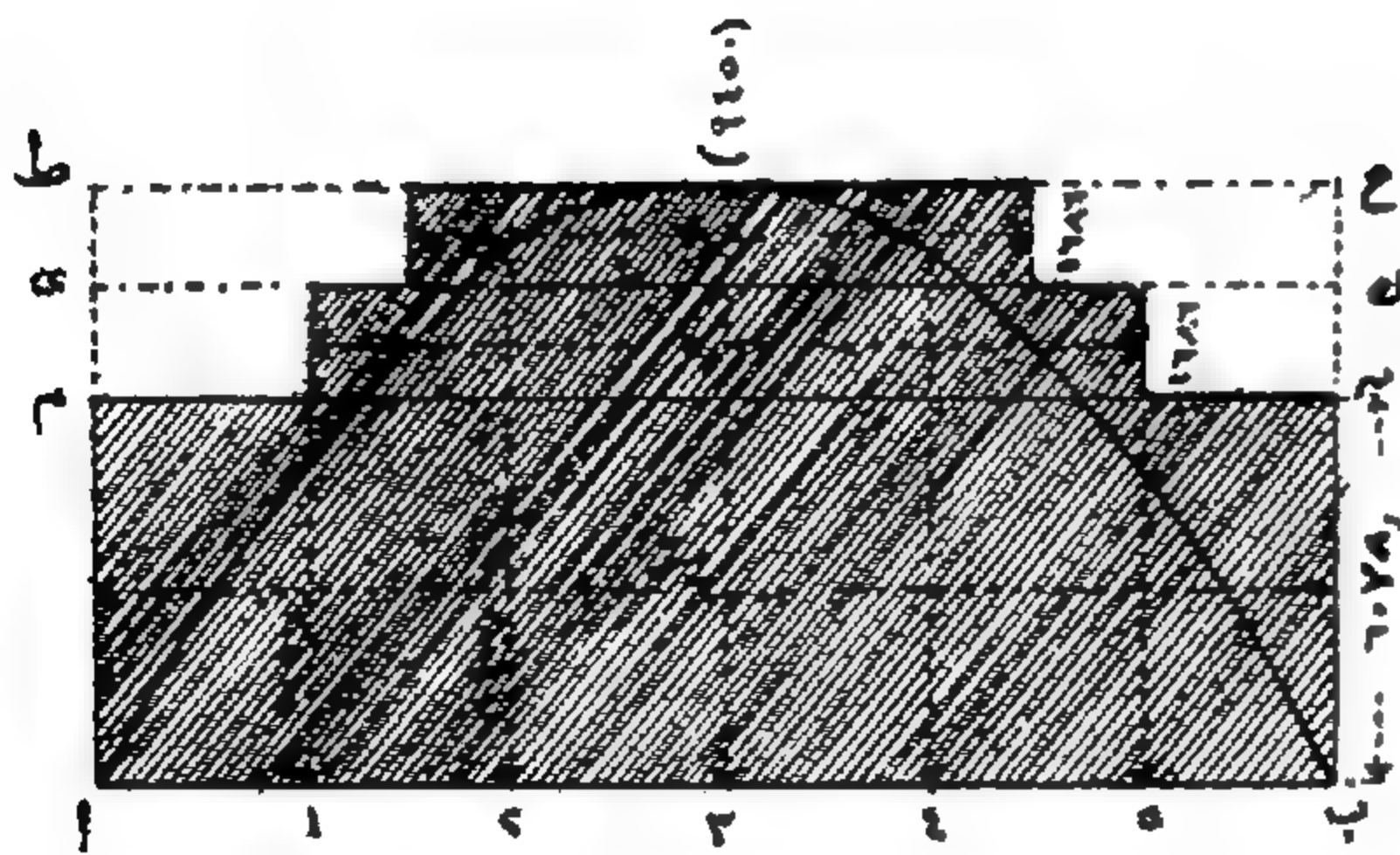
$$ع = \frac{1.4}{6} = 0.233$$

الذي بتقديره بالمقياس يكون مبينا بالمستطيل م نه ك ي وبالمثل يكون اللوح الثالث مقايلاه لعزم انثناء مبين بالمستطيل ي له ح ط المساوي للأول فاذا مدت الثلاث الواح بطول العتب بتمامه فانه يمكن ان يقاوم في كل قطاع عزم كسر مقدرا بالرأس الثابت للمستطيل ا ط ح ب لكن لا يحتاج الأمر لوجود هذه الزيادة من

الصق حيث يكفي أن العتب يلزم أن يقاوم عزم انثناء مقدرا بالأحادي الرأس للقطع المكافئ وحينئذ فيمكن أن يحذف من المستطيل العمري كل ما كان خارجا عن القطع المكافئ المذكور وفي الحقيقة لا يلزم حذف جميع ما كان خارجا على التمام حيث أنه يقتضى قطع الالواح الصاج من أطرافها على الزاوية القائمة وليس بالاعراف مع تحديد الالواح على التوالي على بعد



شكل ٢



شكل ٨

باعتبار أن القطعة المذكورة تتكون من عبتين أصليتين فقط من الحديد على شكل ضعف حرف T لحسابها يرجع إلى حساب أحد العبتين المذكورين ولذلك يقال إذا كان المطلوب حساب عتب ذي أربع فتحات منها الفتحان المتطرفان سعة كل منهما ٤٠.٠ متر والفتحان المتوسطان سعة كل منهما ٥٠.٥ متر

بفرض أن الحمل للعارضى الثابت مقدار $\rho \dots$ كيلوجرام على المتر الطولى وأن الحمل للعارضى المتحرك مقداره $\rho \dots$ كيلوجرام بالنسبة للمتر الطولى كذلك فزمنه بالرموز ρ, ρ, \dots كما في شكله لغرض الاختفاء على الإكثاف والتوسط أى المحصورة بين الكتفين المتطرفين مع ملاحظة أن غرض الاختفاء على الكتفين المتطرفين معدوماً ثم نطبق نظرية الغرض المذكورة ونجعل فيها $\rho = \rho = \rho = 40$ متر ، $\rho = \rho = \rho = 10$ متر

فأولاً تأنيذ الحمل الثابت أى المستديم - وللمختبر

ابتداء تأثير الحمل الثابت الموزع بانتظام على

طول القطر وحينئذ يلزم أن يجعل في القوانين
 $\frac{1}{2} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} = \dots$ للجرام

وحينئذ تطبق المعادلة العمومية التي هي

على عبث ذي أربع فتمت تسبع الثلاث معادلات الآتية

$$, \quad (\vec{0} + \vec{z}_1) \cdot \dots \times \frac{1}{z} = 0 \cdot \vec{x} + (0 + z_1) \cdot \vec{x}$$

$$3 \quad (\vec{0}_x + \vec{0}_x) (\dots \times \frac{1}{2} = 0 \times \vec{e} + (0 + 0) \vec{e} + 0 \times \vec{e}$$

$$(z_1 + 0) \times \dots \times \frac{1}{z_1} = (z_1 + 0) \hat{z}_1 + 0 \times \hat{z}_1$$

وبالتحليل مع الاختصار يحدث

$$920 \times 1.0000 = \pounds 0 + \pounds 18$$

$$y \quad \text{co. x } 1 \dots = \bar{f} + \bar{f}^2 + \varepsilon$$

$$920 \times 1000 = \xi_{10} + \xi_0$$

وحل هذه المعادلات الثلاث سهل حيث أنه يكفي استخراج ع، ع من المعادلة الأولى والثالثة بدلالة ع
ووضع مقدارهما في المعادلة الثانية واستخراج ع منها لكن لا تباع الطريقة العمومية نظراً للمعادلة
الأولى في واحد والثانية في ى والأولى في ى ثم تجمع هذه المعادلات على بعضها طرفاً بطرف فيجدر

$$(1) \dots (950 + 500 + 5950) \dots = (18 + 5) \bar{\xi} + (0 + 52 + 50) \bar{\xi} + (5 + 54) \bar{\xi}$$

و لأجل تعيين إياي نساوي كلا من معاملي \bar{c} مع \bar{c} بصفر فيجد

$$١٨ \text{ ي } ٤ = ٠ \text{ ل } ١٨ + ٠ = ٠$$

ومن هنا يحدث $١٨ - ٠ = ١٨ \text{ ل } ١ = ١$

وبوضع مقداري ١٨ في معادلة (١) واجراء العمل ينتج مقدار $ع$ وبوضعه في المعادلة الأولى والأخيرة من الجملة الأصلية ينتج مقدار $ع$ ، وحينئذ يكون

$$ع = ع - ٤٠٨٠٦٥$$

$$ع = ٤٢٠٩٦٥$$

ولنبعث الآن عن تعيين المخنيات الدالة على عزم الانحناء في كل فتحة من فتحات العتب كما في اشكال ١٧٦٩٥٤١ على التوالي ولأجل ذلك نقول أنه بالنسبة لفتحة نمرة ترتيبها $م$ فإن العزم $ع$ لقطاع $س$ من هذه الفتحة [التي فيها $س$ محسوب من نقطة أصل الفتحة] يبين بالقانون الآتي وهو

$$ع = \frac{٤٠٨٠٦٥ \times (١ - س)}{١٠٠٠} + \frac{٤٢٠٩٦٥ \times س}{١٠٠٠} \quad (٢)$$

الفتحة المتطرفة — بالنسبة للفتحة المتطرفة شكلت يلزم أن يجعل في القانون المذكور

$$٤٠٨٠٦٥ = ٤٢٠٩٦٥ - ع = ع - ٤٠٨٠٦٥ \quad م = ١٠٠٠ \text{ فيؤول الى}$$

$$ع = ٤٢٠٩٦٥ - ٤٠٨٠٦٥ = ١٢٩٠٠$$

والقطع المكافئ المدلول عليه بهذه المعادلة يقطع محور السينات أعني أن عزم الانحناء ينعدم بالنسبة للمقدارين ١٠٠٠ و ٤٢٠٩٦٥ والمماس الأفقي يقابل بداية المقدار ٤٢٠٩٦٥ ويكون المقدار المقابل لعزم الانحناء جتد مساويا الى ٤٢٠٩٦٥ وهذه المعاليم كافية لرسم القطع المكافئ البياني بكل ضبط لعزم الانحناء التي تكون واحدة في كلا الفتحين المتطرفين ويرى أن عزم الانحناء ينعدم في نقطة الأصل ويكون موجبا لغاية ٤٢٠٩٦٥ متر وأخذ في التزايد من الأبتداء لغاية ٤٢٠٩٦٥ متر ثم يأخذ في النقص بعد ذلك وينعدم على بعد ٤٢٠٩٦٥ متر وبعد ذلك يصير سالبا ويأخذ في التزايد بالاستمرار لغاية نقطة الارتكاز ويرى من ذلك أن قطاع العتب على بعد ٤٢٠٩٦٥ متر من نقطة الأصل يلزم أن يكون معدوما نظريا ولكن على الأقل يلزم أن يكون كافيا لمقاومة الحمل القاطع الفتحان المتوسطان — في الفتحين المتوسطين شكلت المخنيان البيانيان لعزم الانحناء متحداً بسبب حصول التماثل ويمكن حساب أحدهما فقط وحينئذ يجعل في قانون (٢)

$$٤٢٠٩٦٥ = ع - ٤٠٨٠٦٥ = ع - ٤٠٨٠٦٥ \quad م = ١٠٠٠ \text{ فيؤول الى}$$

$$ع = ٤٢٠٩٦٥ - ٤٠٨٠٦٥ = ١٢٩٠٠$$

والقطع المكافئ المدلول عليه بهذه المعادلة يقطع محور السينات على جدي ١٠٥٣ متر ٣٨٩٥٤ متر من أحد الكنتين والمماس الأفقي المقابل لعزم الانحناء الموجب الأعظم ما يمكن يقابل المتوسط العددي للعددين المذكورين أعني يقابل العدد ٧٤ متر وحينئذ يكون مقدار العزم المذكور هو ١٩١٤٦٦ وهذه المعاليم كافية لرسم المخني المكافئ بالتمام كما هو شاهد من شكل ٩ وما أجريناه لغاية هنا من الحسابات هو بخصوص الحمل المستديم أي الثابت

وثانينا

وثانياً تأثير الحمل العارضى المتحرك - حيث أن الحمل العارضى هو ٢٠٠٠ كيلو جرام وأن الفتحة الواحدة يلزم أن تكون محملة بالكامل بخلاف النتائج المتعددة فإنها قد تكون محملة بالانفراد أو مشى أو ثلاث أو الأربعة معا فيلزم معرفة كل قطاع من العتب بالنسبة لتوافيق الحمل الاعظم خطراً ولمعرفة عدد التوافيق المذكورة فنقول أنه يمكن تحصيل كل فتحة على حدة لها وعينئذ ينتج عن ذلك أربعة توافيق كما في شكل ١١ التي نقول إلى اثنين بسبب التماثل

ثم يلزم تحميل الفتحان مشى فينج^{التوافق} (١٢١)، (٣١١)، (٤٠١) ثم
 (٣١٢)، (٤١٢)، (٥١٢) كما في شكل ١٢ التي تؤول الى
 اربع حالات فقط حيث أن الحالتين الاخيرتين مكررتان.
 ثم يلزم تحميل الفتحات ثلاث فينج التوافيق (١٢١، ٣١٢)، (١٢١، ٤١٢)
 ، (١٢١، ٥١٢) ، (١٣١، ٤١٢) كما في شكل ١٣ التي تؤول الى اثنين
 حيث أن الحالتين الاخيرة والاولى متحدتان والحالتين
 المتوسطتين هما متحدتان كذلك

ثم يلزم تحصيل الفتحات جميعها معا فينتج عن ذلك توفيق واحد فقط كما في شكل ١٤. وحينئذ فيحدث تسعة توافيق مختلفة ومن الصعب تكرار الحساب بالنسبة لكل منها والأحسن تسهيل العمل باستعمال الطريقة الرسمية لبعض الحالات فغفيرا ابتداء الحمل على فتحة واحدة تماما فينتج عندنا توفيقان كما ذكر فلحساب غير الانتهاء فيها بخدرى العمل كما يأتي

التوفيق الأول - الحمل على الفحة الأولى - حيث ان مقدار الحمل
العارضى ٢٠٠٠ كيلوجرام فتستعمل نظرية العزم ونقطع النظر
عن الحمل المستديم الذي سبق اختباره على حدته ومحينئذ يلزم
ان يجعل في القانون $\rho = 2000$ وكل من ρ ρ ρ ρ ρ مساويا
للصفر فتحدث الثلاث معادلات الآتية لعزم الاخضاع ρ ρ ρ
 ρ في نقاط الارتكاز وهي

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^n x_k \dots x_k \frac{1}{k} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} = 0 \cdot x_1 + (0+1) x_2 \\ & \quad = 0 \cdot x_1 + (0+0) x_3 + 0 \cdot x_4 \\ & \quad = (1+0) x_4 + 0 \cdot x_5 \end{aligned}$$

وليتيج من هذه الثلاث معادلات أن

$$12335 = \sum_1 101710 + \sum_1 195110 = \sum_1$$

ثم من قانون (٢) تحب عزم الاغناء في النقط المختلفة من كل فتحة كما تقدر وعينئذ يكون بالنسبة للفتحة الأولى

$$\begin{aligned} \frac{ع}{م} = \frac{١٠}{١٩٤١١٠} = \frac{ل}{١٠} = \frac{ن}{٢٠٠٠} \\ \text{وبناء على هذه المعاليم فإن قانون (٢) يؤول بعد اجراء الحساب الى} \\ ع = ٣٥١٩٧ س - ١٠٠٠ س \end{aligned}$$

وهذه المعادلة تدل على قطعي مكافئ ينعدم الأحدث إلى الرأسى بالنسبة إلى س = ١٠ س = ٣٥١٩٧ متر والمماس الأفقى أو عزم الاغناء الموجب الاعظم ما يمكن يقابل النقطة التي فيها س = $\frac{٣٥١٩٧}{١٧٧٠} = ١٧٧٠$ ويكون $ع = ٢٩٩٧٠٧$ وهذه النتائج كافية لرسم القطع المكافئ الموضح في شكله وبالنسبة للفتحة الثانية

$$\begin{aligned} \frac{ع}{م} = \frac{١٠}{١٩٤١١٠} = \frac{ل}{١٠٦١٠} = \frac{ن}{١٠٠} = ٠ \\ \text{وبناء على هذه المعاليم فإن قانون (٢) يؤول الى} \\ ع = ١٩٤١١٠ + ٤٨٧٦ س \end{aligned}$$

وهذه المعادلة تدل على خط مستقيم يقطع محور السينات في نقطة بعدها س = ٣٩١٩٠ متر يمكن رسمه بسهولة حيث أنه يكفي أن يوصل بين نهايتي العزمين ع ، ع' وبالنسبة للفتحة الثالثة يقال

حيث أن المنحنى البياضى للعزم خط مستقيم أيضا في هذه الفتحة وأن هذا الخط هو الواصل بين نهايتي العزمين لنقطتي الارتكاز ع ، ع' فلا يلزم كتابة معادلاته وبالنسبة للفتحة الرابعة

فإن منحنى العزم هو المستقيم الواصل بين النهاية ع' وبين مبدأ العتب وما ذكرناه هو بخصوص جميع منحنيات العزم الناتجة من تحميل الفتحة الأولى بالحمل العارضى وأما المنحنيات الناتجة من تحميل الفتحة الرابعة فهي مساوية للمنحنيات السابقة ولكنها موضوعة بعكس للمنحنيات المذكورة كما هو واضح من شكل ١٥

الترقيم الثانى - الحمل على الفتحة الثانية - حيث أن الحمل العارضى هو ٢٠٠٠ كيلو جرام فنستعمل أيضا نظرية العزم ونقطع النظر عن الحمل المستديم الذى سبق اختباره على حدة وعينئذ يلزم أن يجعل فى القانون كل من ١٠٠٠ ، ١٠٠ مساويا للصفر ، ٢٠٠٠ فتحدث الثلاث معادلات الآتية بالنسبة لعزم الاغناء ص ، ص' فى نقط الارتكاز وهى

$$١٨ ص + ٥ ص' = ٤٠٠$$

$$٥ ص + ٤ ص' = ١٠٠ \times ٥$$

$$٥ ص + ١٨ ص' = ٠$$

ومن

ومن هذه المعادلات الثلاث ينبج أن

$$ص = - ٢٧٤٣٦٠ ، ص = - ٢٦٠٩٧ ، ص = ٧٤٨٦٠$$

وبناء على هذه المقادير فإنه يمكن أن يستخرج من قانون (٢) مقدار عزم الانحناء في النقط المختلفة من كل فتحة الفتح الأولى - الخط البيا في لعزم الانحناء هو المستقيم الواصل من نهاية العتب إلى نهاية العزم السالب

$$\text{الفتحة الثانية} - م = ١ ، ع = - ٢٧٤٣٦٠ ، ع = - ٢٦٠٩٧ ، ل = ٥٠ ، م = ٢٠٠٠$$

وبواسطة هذه المعاليم فإن معادلة (٢) تؤوك إلى

$$ع = - ١٠٠٠ س + ٥٠٤٥ س - ٢٧٤٣٦٠$$

وهذه المعادلة تدل على قطع مكافئ احداثياته الرأسية تنعدير بالمقادير

$$س = ٦٤٣ ، س = ١٠٠٠$$

والمماس الافقي أو عزم الانحناء الاعظم ما يمكن يقابل للنقطة التي فيها $س = ١٠٠٠$

ويكون حينئذ عزم الانحناء مساويا إلى ٣٥٦٦٤٠

وهذه المقادير كافية لرسم القطع المكافئ المبين في شكل ١٥

الفتحة الثالثة - الخط البيا في لعزم هو المستقيم الواصل بين نهايتي العزمين $ص ، م$

الفتحة الرابعة - الخط البيا في لعزم هو المستقيم الواصل من نهاية العزم $ص$ إلى مبدأ العتب

وما ذكرناه من التوفيق الثاني هو مخصوص جميع منحنيات العزم الناتجة من تحميل الفتحة الثانية بالحمل العارض

وأما المنحنيات الناتجة من تحميل الفتحة الثالثة فهي مساوية للمنحنيات الناتجة من تحميل الفتحة الثانية لكنها موضوعة

بعكسها كما هو مشاهد من الشكل ١٥

تحقيق مهندس - الخطان المستقيمان الواصلان بين $ص ، م$ وبين $ص ، م$ يلزم ان يقابلا المحور الافقي

في نقطتي (١١) (١٢) اللتين هما نقطتا تقابل المستقيمين الواصلين بين $ع ، م$ وبين $ع ، م$ ويجب تحقيق

ذلك على الرسم

وهالك ارتباطا عموميا حقيقيا مهما كان عدد الفتحات نذكر لتحقيق نتائج الحسابات فنقول

البحث عن عزم الانحناء الاعظم ما يمكن الموجبة والسالبة الناتجة من الحمل العارض المتحرك - يرعى

من شكل ١٥ أنه يوجد في كل نقطة عزم انحناء ناتج من الحمل العارض في الفتحة حيثما اتفقت وهذا

يؤدي لوجود أربعة عزم مختلفة كل منها ينبج على حدة متى حملت الفتحة التابع لها ذلك العزم بمفردها لكن

متى حمل أكثر من فتحة في آن واحد فقد يوجد عزمها أو ثلاثة أو أربعة عزم في آن واحد كذلك ويكون

العزم الناتج من هذه العزم هو المجموع الجبري

لكن من ضمن العزم الجزئية يوجد عزم موجب وعزم سالب بحيث ان عزم الانحناء الاعظم ما يمكن لا يقابل

الحالة التي فيها تكون جميع الفتحات محملة في آن واحد

والحمل العارض يمكن ان يحدث في كل نقطة عزمين كلاهما اعظم ما يمكن

أحدهما موجب وهو عبارة عن حاصل جمع العزم الجذبية الموجبة
والثاني سالب وهو عبارة عن حاصل جمع العزم الجذبية السالبة
وحينئذ يرى أنه على اتجاه الخط الرأسى المار بنقطة الارتكاز نمق ١ أن عزم الانحناء الأعظم ما يمكن الموجب
يحصل متى كانت الفتحة الثالثة هي المحملة فقط ويساوى ٧٢٨٦٠
وأما من جهة عزم الانحناء الأعظم ما يمكن السالب فإنه يحصل متى كانت الفتحة الأولى والثانية والرابعة
محملة مع بقاء الفتحة الثالثة بدون تحميل والمقدار المطلق لهذا العزم الأعظم ما يمكن هو

$$٢٧٤٣٦٠ + ١٩٠١١٠ + ١٤٣٣٥$$

وإذا أخذت الآن النقطة التي تبعد ١٢٥ سم في الفتحة الثانية يرى أن عزم الانحناء الأعظم ما يمكن
الموجب ينجم متى كانت الفتحة الثانية والفتحة الرابعة هما المحملتان فقط

وحينئذ فيفهم بالسهولة أنه يجمع الأحداثيات الرأسية على بعضها يمكن تكوين في مدة قليلة منحنى شكل ١٦
الذين يعلم من أحدهما بالنسبة لكل نقطة عزم الانحناء الأعظم ما يمكن الموجبة ومن الثاني عزم الانحناء الأعظم
ما يمكن السالبة النسوية جميعها للحمل العارضى وهذان المنحنيان المتصلان يجمع رأسيات الخطوط المستقيمة مع رأسيات
الخطوط المستقيمة أو القطاعات المكافئة تتربك من أقواس من قطاعات مكافئة ومن خطوط مستقيمة ونقطة
المرو فيها سهلة التعيين ومع ذلك ففى واضحة في الرسم

الحث عن عزم الانحناء الأعظم ما يمكن الكلى في كل نقطة - لايجاد عزم الانحناء الأعظم ما يمكن الكلى في كل
نقطة يلزم تعشيق الحمل الثابت مع الحمل العارضى أعنى إيجاد النتائج المتحصلة من شكل ١٦ معاً ولكن يعلم
أنه يوجد في كل نقطة - أولاً عزم انحناء ع منسوب للحمل الثابت وثانياً عزم انحناء أعظم ما يمكن
موجب الذى يمكن أن يحدثه الحمل العارضى وثالثاً عزم انحناء أعظم ما يمكن سالب الذى يمكن أن يحدثه
الحمل العارضى

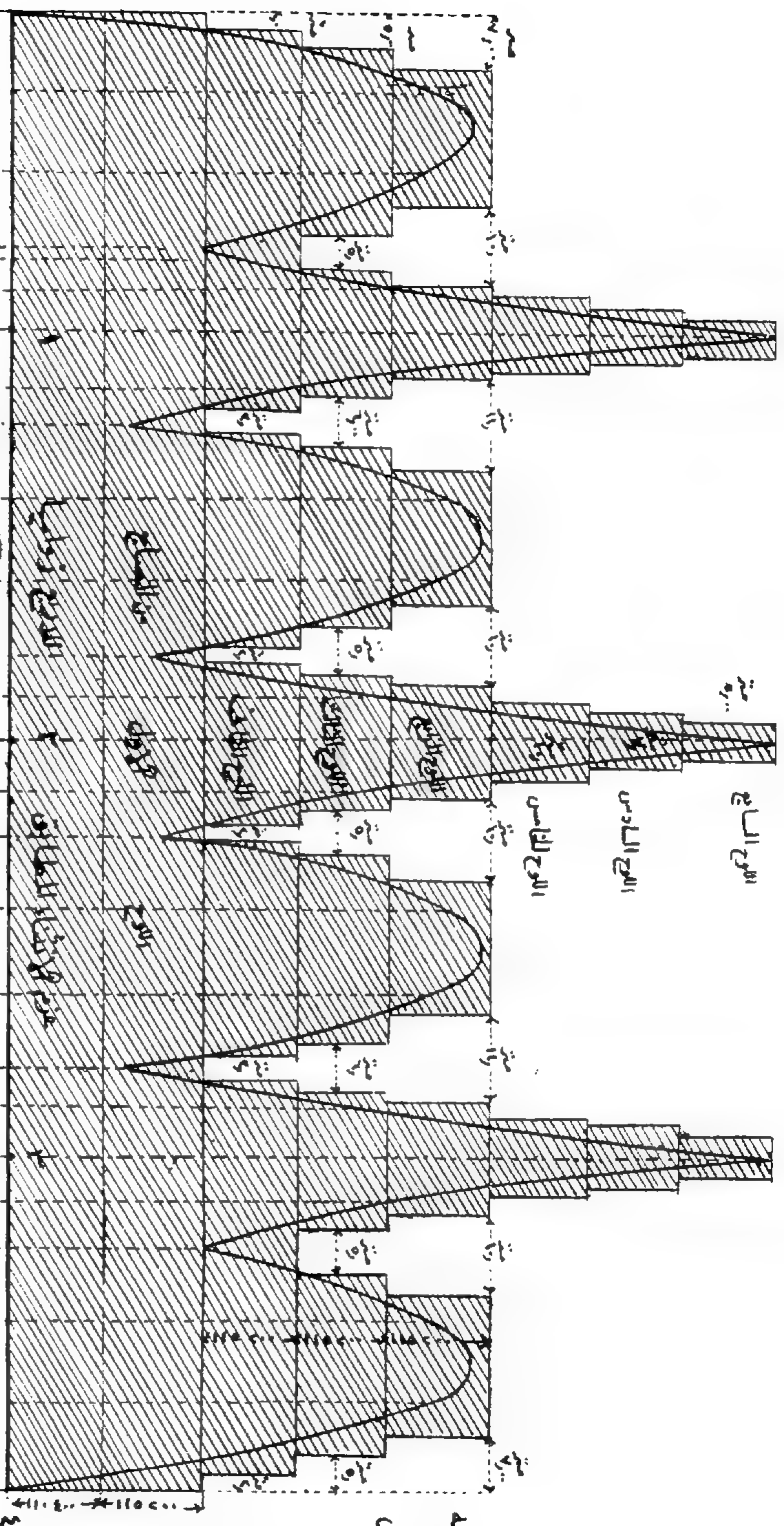
فأما العزم ع فوجود دائماً يمكن تعشيقه امام ع وامام ع ع وحينئذ فيكون المجموعان الجزئيان (ع+ع)
(ع+ع ع) فأكبرهما هو المقدار المطلق يدل على أكبر العزم الذى يمكن استنتاجه من الحمل الثابت المؤثر فى آن
واحد مع جميع التوافيق الممكن تصورهما للحمل العارضى

وبواسطة طريقة رسميه أبسط ما يكون التى هى عبارة عن ضم طولين على بعضهما يمكن حينئذ تكوين العزم الأعظم
ما يمكن الكلية فى كل نقطة فحيث أن شدة الاحمال الناتجة من تأثير عزم انحناء على قطاع من العتب غير
متعلقة بإشارة العزم المذكور حينئذ يمكن قطع النظر عن إشارة العزم الأعظم ما يمكن الكلى واعتبار
مقدار المطلق فقط ثم يقام من كل نقطة من المحور الأفقى أحداثيات رأسية ويؤخذ عليها مقادير العزم
المذكورة على التناظر ويكون حينئذ منحنى شكل ١٧

وحينئذ يتفنى عمل الانتخاب بين الحاصلين (ع+ع ع)، (ع+ع ع) لعزم الانحناء السالبة الذكر وهذا يودى الى نوع
تجربه ولا يوصل الى الاقرار على العزم المطلوب اخذه بسهولة

لكن

شكل ١٧

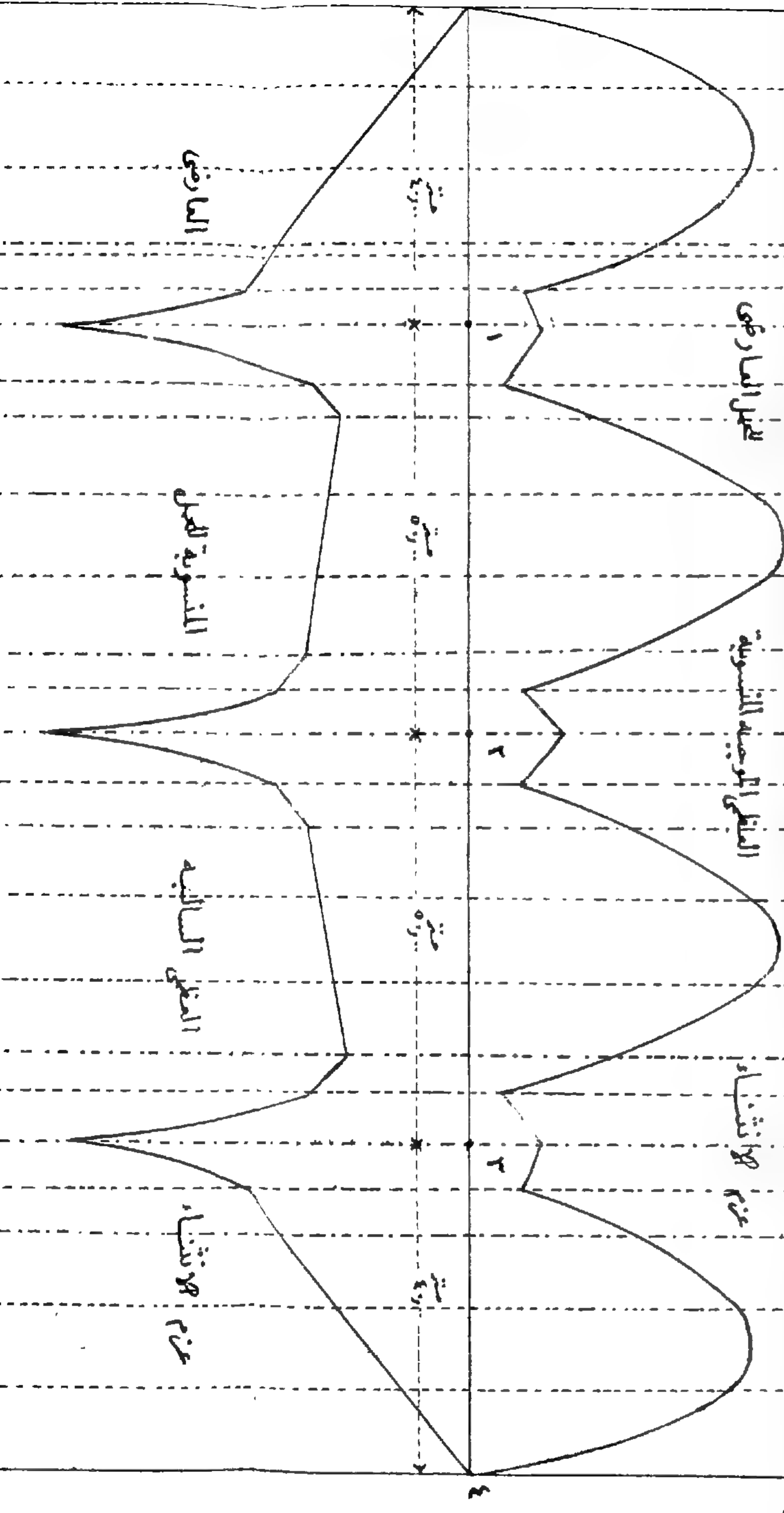


عزم القبة، العزم المتحصلة في كل نقطة
من الجبل المستندين والجبل الخارجي

مرفقين معا

توزيع المساح

شكل ١٨



لكن بناء على ملحوظة المعلم بريس وهي

ان نهاية المقدار المطلق لعزم الانحناء بالنسبة لنقطة حيثما اتفقت من العتب تساوى حاصل جمع المقادير المطلقة للعزم الحاصلة في هذه النقطة التي هي أولا بالنسبة لعزم الانحناء ع الناشئ عن الحمل الثابت وثانيا بالنسبة للعزمين النهائيين ع وع اللذين اشارتهما عين اشارة العزم ع التي يمكن ايضا كما يأتى وهوانه في نقطة حيثما اتفقت من العتب فان الحمل العارضى لبعض الفئحات يحدث عزم ما موجبة والحمل العارضى للفئحات الباقية يحدث عزم ما سالبة وأن أحد هذه الأعمال مكمل للآخر اعنى انه اذا اعتبر وجودها في آن واحد تكون جميع الفئحات محملة في آن واحد وهذا بديهى

يكون عزم الانحناء الناتج من الحمل العارضى العموم عبارة عن المجموع الجبرى لعزم الانحناء الناتجين من حملين عارضين مكملين

ومن جهة أخرى فان جميع عزم الانحناء تتغير بنسبة مقدار الحمل العارضى في الموزع بانتظام بالنسبة للمتر الطولى وعلى هذا اذا مر بحرف في الحمل المستديم وحرف في الحمل العارضى فان الحاصل (ع + ع) للعزم المنسوبة الى التوفيقين مكملين للحمل العارضى يكون مساويا للعزم ع للحمل المستديم بحيث يضرب العزم المذكور في النسبة $\frac{1}{2}$ وحينئذ يكون

$$ع = (ع + ع) \frac{1}{2} \dots\dots\dots (١)$$

وحيث ان معرفة معنى شكل تكون ناشئة عن معرفة معنى شكل ١٦ مباشرة بضرب حاصل الجمع الجبرى لاحد اثنيها في النسبة $\frac{1}{2}$ او بطريقة عمومية يقال انه بمعرفة معنيين من الثلاثة مخفيات يمكن استنتاج الثالث منها ولكن الاحسن في العمل انشاء الثلاثة مخفيات مباشرة واستعمال الارتباط السابق للتحقيقات

واما من جهة المخفى شكل ١٧ للعزم الأعظم ما يمكن الكلى فانه يتحصل كما شاهدنا بان يؤخذ في كل نقطة الرأسى الذى يكون اكبر المجموعين (ع + ع) ، (ع + ع) ولكن من الارتباط (١) يستتج

$$ع + ع = ع + (ع + ع) \frac{1}{2} \dots\dots\dots (٢)$$

$$ع + ع = ع + (ع + ع) \frac{1}{2} \dots\dots\dots (٣)$$

ولحاصل ع + ع تكون اشارة عين اشارة ع فلو ع بحسب كون ع اكبر او اصغر من ع في المقدار المطلق وحينئذ اذا كان ع اكبر ع فبقطع النظر عن الاشارة فان (ع + ع) يكون بالمثل اكبر من (ع + ع) لانه في المجموع (٢) الحدان متخذ الاشارة واحدها مساو والاخر اكبر من حدى الحاصل (٣) اللذين فضلا عن ذلك فانهما مختلفا الاشارة

ويرى بالبرهان عينه انه اذا كان ع اكبر ع في المقدار المطلق فان (ع + ع) يكون اكبر من (ع + ع) وعليه فالقضية التي ذكرناها تكون مثبتة

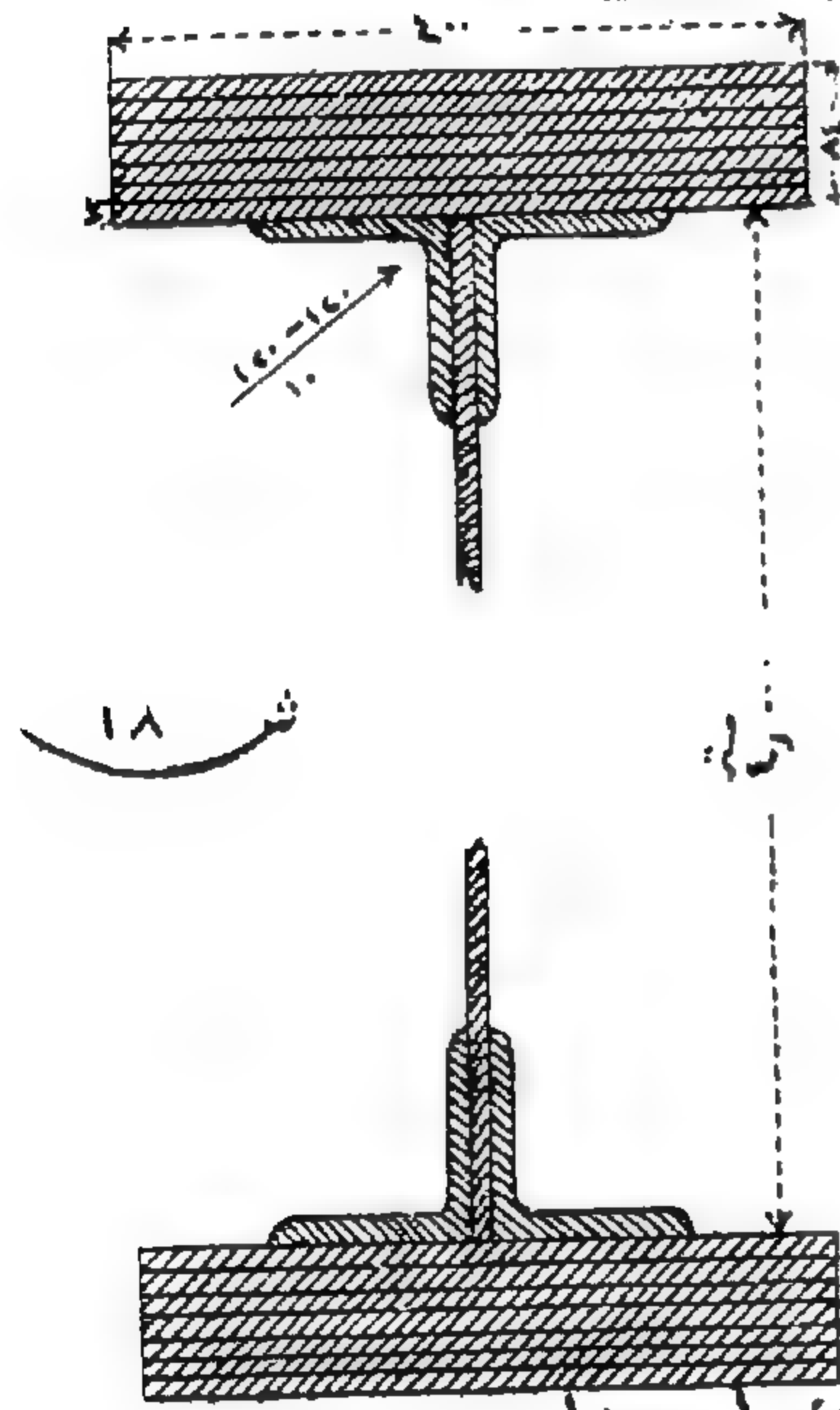
وحيث انشاء معنى العزم الكلية يكون سهلا ولناخذ مثلا الفحة الاولى

فترى انه من ابتداء الصفر لغاية ٨ ر ٩ شكل عزم الانحناء المنسوبة للحمل المستديم موجبة وحينئذ يلزم اضافة الاحداثيات الرأسية الدالة عليها الى الاحداثيات الرأسية للمخفى الاعلى شكل ١٦ وبالابتداء من ٨ ر ٩ الى

٤٠ متر أعني على جميع الباقي من الفتحة فإن عزم الانحناء المنسوب للحمل المستديم سالبة ويلزم حينئذ إضافة الاحداثيات الرأسية الدالة عليها الى الاحداثيات الرأسية للمخني الأسفل شكل ١٦
ثم يجرى العمل على هذا المنوال بالنسبة لباقي الفتحات مع ملاحظة أن نقط تقاطع المخني المنسوب للحمل المستديم بالمحور الأفقي هي المقابلة لنقط الانعكاس المشاهدة في مخني عزم الانحناء الكلية الموضح في شكل ١٧

في توزيع الصاج

حيث ان مخني شكل ١٧ يدل في كل نقطة على مقدار العزم الاعظم ما يمكن الكلي فبواسطة يمكن اجراء توزيع الصاج بكل سهولة كما أجريناه سابقا بالنسبة لعب ذي فتحة واحدة
وقد سلم أنه بالنسبة للتوزيع الجيد للعدن يلزم ان يكون ارتفاع العتب محصورا بين $\frac{1}{10}$ و $\frac{1}{12}$ من طوله ففي المثال الذي انتخبناه يمكننا أن نأخذ حينئذ عتبا ارتفاعه أربعة امتار شكل ١٨



وهذا العتب الذي على شكل ضعف حرف T يكون له روح أو بدن شبكي
معد في مرتبط من أعلاه ومن أسفل بزائيتين ابعاده كل منها 10×10 وهذا
الرمز الاصطلاحي يدل على زوايا أحد جناحي كل منها ١٤٠ متر والجناح
الآخر ١٤٠ متر كذلك وسمكها ١٠.٠ متر وعلى هاتين الزائيتين المرتبطتين
مطابك متانة ترشم الواح من الصاج أفقية عرض كل منها ٤٠ متر وسمك
كل منها ١٤.٠ متر وعدد الواح الصاج المذكورة متغير بحسب العزم الكلي
المؤثر في كل قطاع من العتب

وحينئذ يقتضي حساب عزم قصور الاجزاء المختلفة لعب تكون بهذه
الصورة

وانبداء لا يراعى مقاومة الروح التي القصد منها على الخصوص هو منع تقارب رأس العتب من بعضها بعضا
ولنعويض هذا الخطأ يفرض أن القطاع الكلي للزوايا موجود على بعد من محور الحمل مساو لنصف ارتفاع
العتب

وهنا مساحة قطاع زاوية تساوي

ومساحة اربع زوايا تساوي

وعزم قصور قطاع هذه الزوايا يساوي لهذه المساحة مضروبة في $(\frac{1}{4})$ أو 0.368

ومساحة قطاع لوح من الصاج عرضه ٤٠ متر وسمكه ١٤.٠ متر هي

وعزم قصور قطاع لوحين مترين جانين يكون حينئذ

وبفرض تشخيل الحديد بمقدار ٦ كيلو جرام بالنسبة لليليمتر المربع فنستعمل القانون المعلوم وهو

$$M = \frac{E \cdot I}{L^3}$$

ونجعل فيه $M = 0.368$ ، $E = 10^6$ ، $L = 4$ = عزم قصور اربعة زوايا أو لوحين من الصاج فيرى أن
الأربعة

الأربع زوايا كافية لأن تتزن بمقاومتها الحصرية مع عزم انحناء مقدار ١١٠٤٠٠ وان اللوحين من الصاج كافياً لأن يتزنا مع عزم قدره ١١٥٤٠٠

وحينئذ يؤخذ على شكل ١٧ بواسطة المقياس رأسى مساو إلى ١١٠٤٠٠ ثم نمد على التوالي بمقدار مساو إلى ١١٥٤٠٠ إلى أن يتجاوز الرأسى الأعلأ ما يكون من المنحنى ثم نمد من نهايات الرأسيات المتتالية مستقيماً أفقية فيرى أنه يلزم سبعة ألواح من الصاج بالنسبة للرأس الواحدة بل ويلزم ثمانية ألواح لأن الرأس الأعلأ ما يكون للمنحنى يتجاوز قليلاً اللوح السابع إلا أنه يكفي بسبعة ألواح حيث أن الرأس الأعلأ ما يكون مسامتة لنقطة ارتكاز أعنى مسامتة لموضع فيه يجب تمريض الروح الشبكية بروح مصمتة فإذا صار مده الزوايا والسبعة ألواح الصاج بطول العتب بتمامه فإنه لا شك يتحقق من المقاومة لكن في كثير من المواضع نصير المعدن زيادة على أنه يكفي للحصول الأمان أن يكون عزم المقاومة الحصرية للصاج في كل نقطة زائداً قليلاً عن عزم المقاومة الكلية المتحصل من تأثير القوى الخارجة

وهذا يؤدي إلى القول بأنه يقتضى نظرياً أن يكون المنحنى البياض للعزم المطلوبة من المعدن شتلاً على المنحنى البياض للعزم الكلية وقريباً منه ما أمكن

وحينئذ يمكن قطع لوح أو جملة ألواح من الصاج في المواضع التي لا يكون لوجودها فيها ضرورة وبهذه الكيفية يتصل على وفر عظيم من المعدن

وبالتأمل فقط لشكل ١٧ يفرم جلياً هذه الطريقة ويرى أن الأربع زوايا تمتد طبعاً بطول العتب بتمامه وكذا اللوح الأول الصاج يمتد بطول العتب بتمامه واللوح الثاني يكون مقطوعاً بمسافات خالية مقدارها ٣ م ١ م ٢ م [إلا أنه في العمل لا يستعمل ذلك من غير شك] واللوح الثالث يكون مقطوعاً بمسافات خالية مقدارها ٥ م ٦ م واللوح الرابع يكون مقطوعاً بمسافات خالية مقدارها ٧ م ٨ م ٩ م ١٠ م واللوح الخامس لا يمتد إلا بمقدار عشرة أمتار في مسافة الثلاث نقط ارتكاز واللوح السادس يمتد بمقدار ٧ م واللوح السابع يمتد بمقدار ١٠ م فقط

وهذا ليس إلا مثلاً نظرياً ففي العمل يكون عدد ألواح الصاج هذا كبيراً جداً ويجب تقليله بجعل ارتفاع العتب ١٠ م مع تكبير أبعاد الزوايا قليلاً وجعل عرض كل من الرأسين ٥٠ م

الحمل القاطع

لم نشتغل الآن في هذا المثال بالحمل القاطع الذي يتغير من قطاع إلى آخر ولا يتجاوز $\frac{5}{8}$ الشغل الكلى للفتحة أعنى أنه لا يتجاوز $(\frac{5}{8} \times 50 \times 4000) = 125000$ كيلوجرام

ولكن قطاع الأربع زوايا واللوح الأول من الصاج الممتد بطول العتب بتمامه هو ١٨٨٠٠ ميليمتر مربع وحيث أن كل ميليمتر مربع يمكن أن يشتغل بمقدار ٦ كيلوجرام فيكون حينئذ مقدار المقاومة هو ١١٢٨٠٠ ثم أن قطاع الروح أي البدن يؤدي وزياده مقدار المقاومة المكتملة للحصول على ١٢٥٠٠٠ كيلوجرام

وكذا بناء على ما ذكره المعلم بريس من أن اعتبار الحمل القاطع أمراً ثانوياً وأن ضرورة مقاومة العتب لعدم تقارب

رأسيه من بعضهما بعضا تستوجب اعطاء روجة صلاحية كافية بحيث يكون العتب فيه الكفاية على مقاومة الحمل القاطع

ومع ذلك فمن السهل دائما تكوين مخفي الاحمال القاطعة الاعظم ما يمكن في كل نقطة لأنه بالنسبة لكل مخفي من مخفيات عزم الانحناء التي رسمناها يوجد مخفي للاحمال القاطعة مقابل له وكان الحمل القاطع هو مشتقة عزم الانحناء فينشد اذا كان عزم الانحناء ناتجا من معادلة مثل

$$ع = د (س)$$

فالحمّل القاطع ينتج من المعادلة $ح = د (س)$ وحيث أن الدالة $د (س)$ اما ان تكون قطعاً مكافئاً أو خطاً مستقيماً فالخط البياني للحمل القاطع $د (س)$ يكون خطاً مستقيماً مائلاً على محور العتب أو موازياً لمحور المذكور وفي كلتا الحالتين رسم المخفي البياني للحمل القاطع سهل ويمكن اجراء العمل بطريقة مشابهة لما اجريناه في عزم الانحناء كما يأتى

أولاً - يعين مخفي الاحمال القاطعة المنسوبة للحمل المستديم وثانياً - تعين مخفيات الاحمال القاطعة حيثما تكون الفتحات محملة على التوالى وثالثاً - يعين مخفي الاحمال القاطعة الاعظم ما يمكن الموجبة والسالبة ورابعاً - يعين اخيراً مخفي الاحمال القاطعة الاعظم ما يمكن الكلية بتركيب الاحمال القاطعة المذكورة في أولاً وفي ثالثاً مع بعضها كما فعلنا في عزم الانحناء وقد تركنا الاشتغال بتفصيل ذلك الى الطالب

وفيما ذكرناه من المسائل قد اشتغلنا فقط بحساب الاعتبار الاصلية وأما الاعتبار الثانوية بالنسبة للقناطر المعدنية وقطع القطر بالنسبة للقناطر الخشبية فقد تركنا الاشتغال بها الى الطالب حيث أن كلامنا عبارة عن عتب مركب على نقطتين فقط ويحمل بحمل موزع بانتظام ناتج من الحمل المستديم والحمل العارضى في آن واحد وهذا الحمل يتعين مقدار بحسب ابعادها عن بعضها من محور الى آخر بناء على مقدارى كل من الحمل المستديم والحمل العارضى الاصيلين

وهالك الفوائى التي يجب بها اسهم الانحناء لاعتبار القناطر

$$ف = \frac{ق}{ق_1} \times \frac{ق}{ق_2} \left(\frac{ل}{ل_1} \right)^2 \dots \dots \dots (١)$$

$$ف = \frac{ق}{ق_1} \times \frac{ق}{ق_2} \left(\frac{ل}{ل_1} \right)^2 \dots \dots \dots (٢)$$

$$ف = \frac{ق}{ق_1} \times \frac{ق}{ق_2} \left(\frac{ل}{ل_1} \right)^2 \dots \dots \dots (٣)$$

في هذه القوائى جرمها ف رمز اسهم الانحناء في النقطة من العتب التي يكون فيها عزم الانحناء اعظم ما يمكن بين نقطتى الارتكاز سواء كان العتب مركزاً عليها فقط بالحرية أو مثبتاً فيها أو مركزاً على احديها ومثبتاً على الأخرى ١ و رمز للحمل الموزع بانتظام على المتر الطولى الناتج عن الحمل المستديم والحمل العارضى معاً ٢ ل رمز لطول العتب بين نقطتى الارتكاز ان كان مركزاً على نقطتين فقط أو بين نقطتى الارتكاز المتسايلين

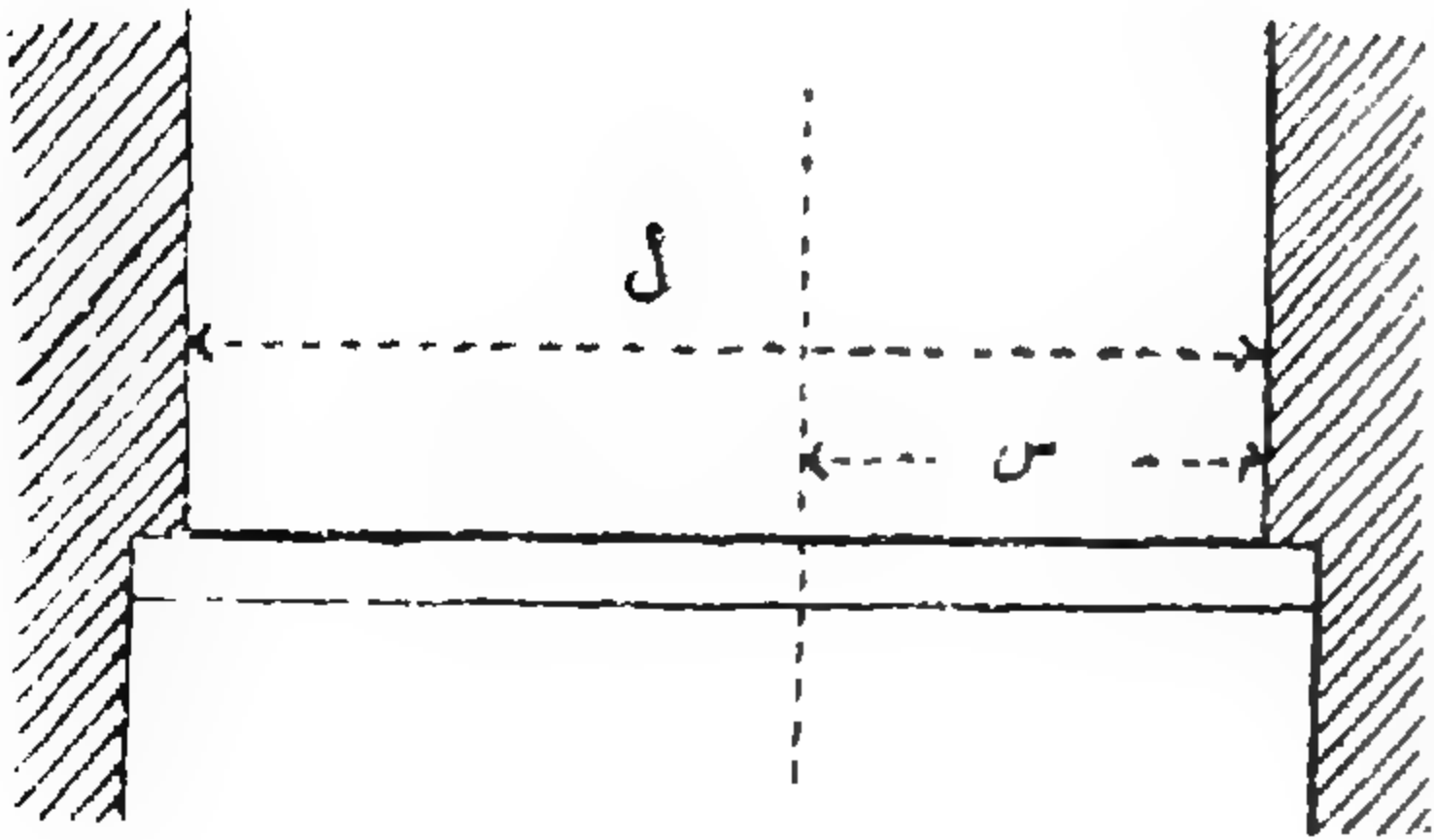
أن كان مركزاً على أكثر من نقطتين ، و رمز لمعامل المرونة ، و رمز لعزم قصور قطاع العتب وقانون (١) يستعمل في حالة ما يكون العتب مركزاً على نقطتين فقط بالاطلاق
 وقانون (٢) يستعمل في حالة ما يكون العتب مثبتاً في نقطتين فقط وفي حالة ما يكون مركزاً على نقطة فقط يستعمل أيضاً لتعيين سهم انحناء الأجزاء المركزة على النقط المتوسطة أعني سهم انحناء فتحاًة المتوسطة
 وقانون (٣) يستعمل في حالة ما يكون العتب مركزاً على نقطة ومثبتاً في النقطة الأخرى وفي حالة ما يكون مركزاً على نقطة يستعمل أيضاً لتعيين سهم انحناء الجزئين المتطرفين منه أعني سهم انحناء فتحية المتطرفتين
 وعلى الطالب أن يحسب سهم انحناء الثلاث قناطر السابقة

في الأسقف

الأسقف التي من الحديد - دراسة الأسقف الحديدية مهمة جداً بسبب أن استعمال الحديد منتشر جداً من يوم إلى آخر في أنشائها ولبسبب أنه أيضاً غال في الثمن ثم أن الصلابة التي يسمج بها الحديد بالنسبة لجميع الانساعات والأمن من الاختراق هما السببان الأساسيان لتفضيل الحديد عن الخشب في عملية الأسقف
 ورغمما عن التقدم الحاصل في صناعة الحديد فإن تكاليف الأسقف الحديدية تبلغ ضعف تكاليف الأسقف الخشبية تقريباً والكثرة كان مستعملاً في تركيب الأسقف الحديدية إلا أن تحسين الحجب واختراع الحديد المخصوصة ذات القطاعات الكبيرة المقاومة جداً كان سبباً في ترك استعماله في الأسقف
 ونظراً للأسقف يلزم اعتبارها كموضوعات بالبساطة على نقطتي ارتكاز لأن تثبيتها في البناء وربطها مع بعضها لا يحدث تثبيتاً تاماً أعني أنه لا يمكن أن يعتبر في الحساب أن الماس لمحتى محور المحول في نقطة الارتكاز أفقياً
 ومن المعلوم أن شرط عدم التثبيت في نقطتي الارتكاز موضع بالحساب بالشرط الذي فيه تكون عزماً الانحناء والنقطتين المذكورتين معدومة أعني يكون فيها $E = 0$

وإن الحل يعتبر على العموم موزعاً بانتظام حيث أنه مكون من جزء مستديم منسوب للباني والتبليط الموضوع على المسقف موزع بانتظام بواسطة الانشأ ولأن تقارب ارتباط الأجزاء المختلفة من السقف يوزع الأحمال العارضية على سطح كبير نوعاً بانتظام

فإذا كان هو رمز الحمل الموزع بانتظام على المتر الطولي فإن E يكون هو الحمل الكلي الواقع على الطول L من شكل ١٩ ويكون رد فعل كل من نقطتي الارتكاز هو $\frac{E}{2}$ وحينئذ يكون عزم الانحناء أعني عزم القوى الخارجة بالنسبة لمحور منقطع على مركز ثقل قطاع حيثما التقى هو



$E = \frac{W}{2} \times S = \frac{W}{2} \times \left(\frac{L}{2} \right)$
 وحيث أن العزم الأعظم لا يمكن تقابل الحالة التي فيها $E = \frac{W}{2}$
 فإذا رمز للعزم المذكور بالرمز E يكون

$$E = \frac{W}{2} \times \left(\frac{L}{2} \right) = \frac{WL}{4}$$

وحيث أنه بناء على طرق صناعة الحديد يكون قطاع الحديد المستعمل منتظما فيكون حينئذ حساب القطاع المنسوب لوسط القطعة اعني بالنسبة للنقطة من طول القطعة التي فيها يكون التأثير اعظم ما يمكن وعليه فتكون النقط الأخرى فيها صلابة زيادة

وحينئذ فتحسب ابعاد قطاع التتبع من المعادلة الآتية

$$\frac{L}{M} = \frac{E}{F}$$

التي فيها E رمز لعزم قصور القطاع L و M رمز لبعدها عن محور الجول M و F رمز لعامل المقاومة وقيل الاستغلال بحساب سقف مطلوب انشاؤه يلزم اختبار شروط التوضيب التي توصلوا اليها بالتجربة فلا سقف كانت تصنع ابتداء بواسطة اعتبار ذات قطاع مستطيلي من الحديد موضوعة على سيقانها متباعدة عن بعضها بمقدار ٧٥٠ ر. متر تقريبا كما في شكل ٢١ ٢٠ ومرتبطة مع بعضها بعوارض من الحديد قطاعها مربع ضلعه ١٦ ر. متر متباعدة عن بعضها بمقدار ٧٥ ر. متر. وكان يوضع على تلك العوارض مربوعات أو قضبان مربعة من الحديد ضلع قطاعها ١١ ر. متر متباعدة عن بعضها بمقدار ٥٠ ر. متر

وكان يستعمل ايضا بالنسبة لشروط التباعد المذكورة اعتبار سمكها ٩ ميليمتر وارتفاعها بوصة بالنسبة لطولها ثلاثة اقدار اعني ٣٠ ر. متر

بالنسبة للتر الطولي وهذه القاعدة

التجريبية تطابق الحسابات تقريبا

حيث ان القانون

$$\frac{E}{F} = \frac{L}{M}$$

يؤول في هذه الحالة الى

$$\frac{L}{M} \times \frac{F}{E} = \frac{1}{6}$$

وحيث انه يلزم ان يكون F مناسبا

للطول L فاذا وضع

$$F = 3 \times 10^6 \text{ ر. ل. } = 9 \times 10^6 \text{ ر. ل. } \text{ يكون}$$

$$L = \frac{128 \times 10^6}{9 \times 10^6} = 14.22 \text{ ر. ل.}$$

$$\text{وبفرض ان } M = 6 \times 10^6 = 11.6 \times 10^6 \text{ ر. متر}$$

يكون مقدار F هو

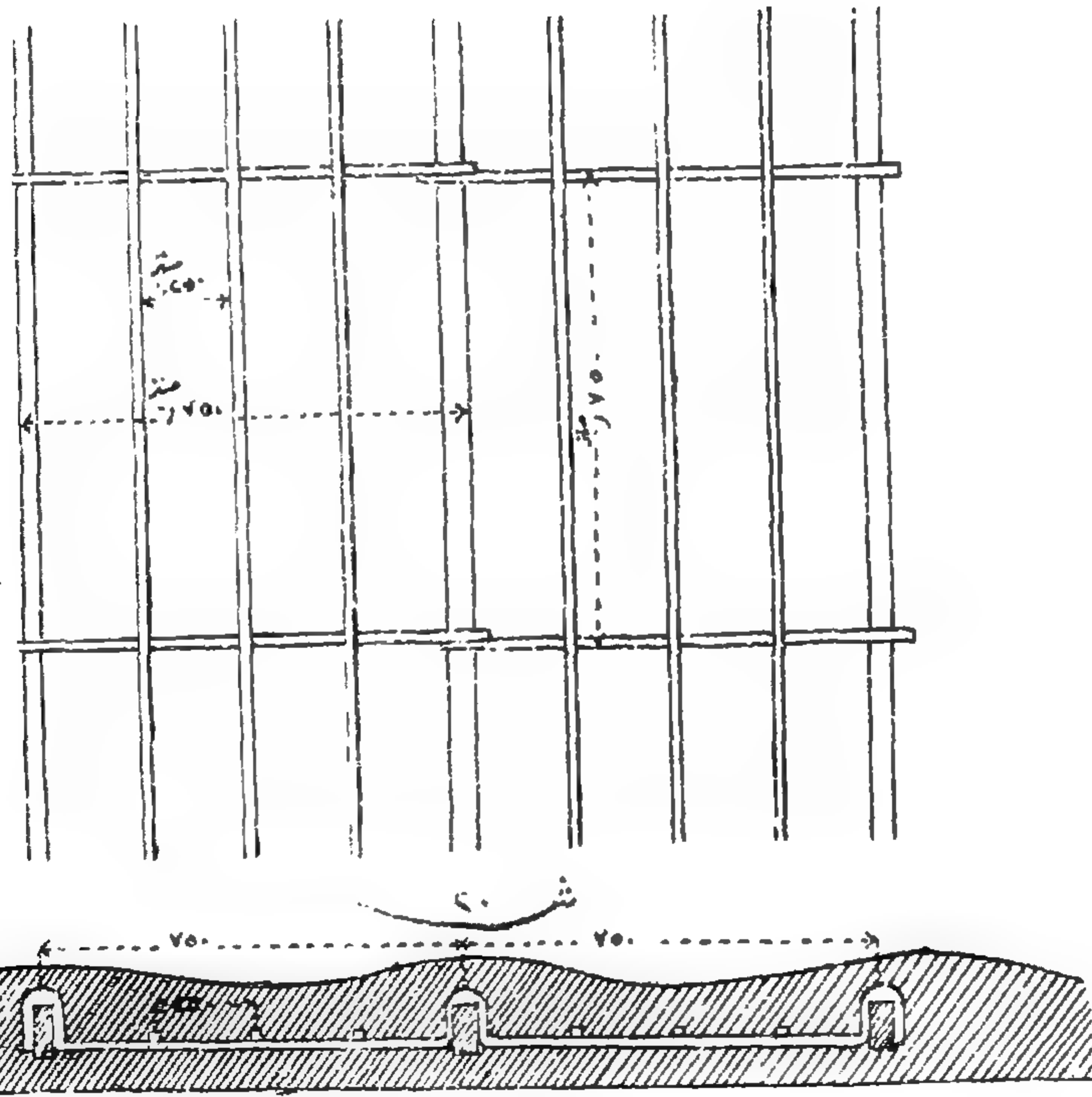
$$F = \frac{128 \times 10^6 \times 6 \times 10^6}{11.6 \times 10^6 \times 9 \times 10^6} = 7.68 \text{ ر. ل.}$$

وهذا هو مقدار الثقل الموزع

بانتظام الذي يمكن توقيعه على القطعة بالنسبة للتر الطولي مع الأمن وهو يقابل الى ثقل قدره

$$7.68 \div 1.75 = 4.39 \text{ كيلو جرام بالنسبة للتر المربع من السقف}$$

وحينئذ



شكل ٢١

وحينئذ فالحل الواقع على القطع العرضية بالنسبة للمتر الطولي بعد الرمز له بحرف قـ يكون

$$قـ = \frac{1.28}{0.75} = \frac{1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0}{0.75 \times 1.0} = 1.71 \text{ كيلوجرام}$$

وهذا مطابق الى ثقل قدر

$$0.875 = \frac{0.875}{1.0} \text{ كيلوجرام بالنسبة للمتر المربع}$$

وأما بالنسبة للمربعات فإنه إذا رمز بحرف قـ للحل الواقع على المتر الطولي منها يكون

$$قـ = \frac{1.28}{0.75} = \frac{1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0}{0.75 \times 1.0} = 1.71 \text{ كيلوجرام}$$

وهذا مطابق الى

$$1.71 = \frac{1.71}{1.0} \text{ كيلوجرام بالنسبة للمتر المربع}$$

وبالحيلة فأنهم كانوا قد توصلوا عملاً لاستعمال حدايد متناسبة ومقابل جميعها لكل واحد تقريباً بالنسبة

للمتر المربع وهذا الحل هو ٧ كيلوجرام تقريباً بغرض ان مقاومة الحديد هي

$$م = 1.0 \times 7$$

والحل الذي قدر ٧ كيلوجراماً المذكور هو عبارة عن الحل المتوسط للأسقف بالنسبة للمتر المربع ويشتمل

على المواد التي تتركب منها الاسقف المذكورة كالألواح والعقود الصغيرة والدكات وخلافها

وسنرى أنه يجب نوع كل مبنى نعتبر احوال عارضية مخصوصة في الحسابات

فإذا أمكن التثبيت في ١ كما في شكل ٢ بواسطة كانات من الحديد أو بواسطة ثقل حائطي كاف فإن عزم

الكسر الأعظم ما يمكن عـ يكون حاصل في النقطة ٢ المذكورة

ويكون مقدار

$$قـ = \frac{قـ}{١} \text{ عوضاً عن } \frac{قـ}{١}$$

وحينئذ بالنسبة لقطعة معلومة من الحديد يكون

$$\frac{قـ}{١} = \frac{قـ}{١} = \frac{قـ}{١} \text{ ومنها يحدث}$$

$$قـ = \frac{١}{١} = ١.٠$$

وحينئذ يمكن الحصول على سقف تكون فيه نفس قطع الحديد محملة بمقدار ١.٠ في المائة زيادة أو أنه بالعكس

يمكن بالنسبة لسقف ذي ثقل معين استعمال حدايد ثقلها

$$\frac{١}{١.٠} = ١.٠$$

من الثقل المستعمل بدون تثبيت وفي هذه الحالة يكون مقدار عزم الكسر في وسط العتب أو القطعة

$$ع = \frac{قـ}{١}$$

هو

ويكون مقدار رسم الانحناء معيناً بالتانوت الآتي وهو

$$و = ف = \frac{١}{١} = \frac{١}{١} \left(\frac{قـ}{١} \right)$$

$$و = ف = \frac{١}{١} = \frac{١}{١} \left(\frac{قـ}{١} \right)$$

عوضاً عن القانون

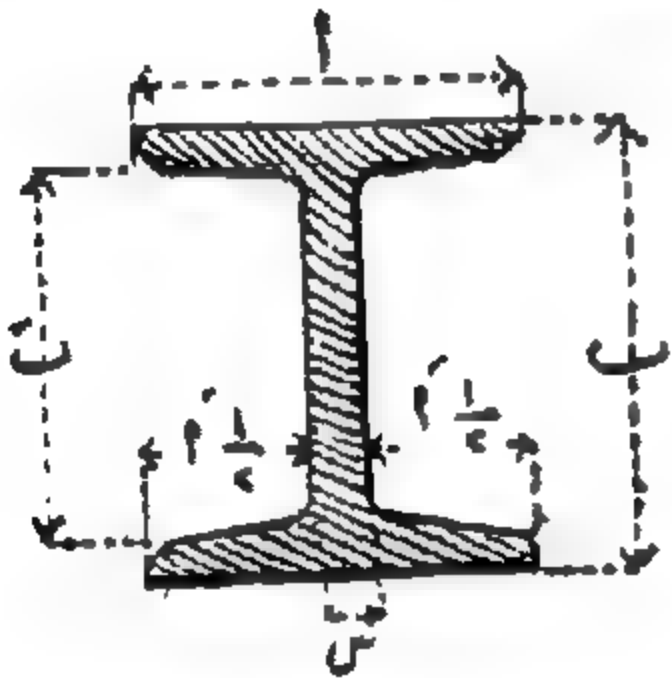
المنسوب للقطعة الموضوعة على نقطتي ارتكاز بالحرية

وفي هذين القانونين في رمز لسم انحناء وسط القطعة أو العتب

وحينئذ يقتضى عمل التثبيت اذ به يكون سهم الانحناء بمقدار خمس سهم الانحناء في حالة عدم التثبيت ولاجل تقليل ثقل الحديد المتعمل في الاستفاد قد تصور استعمال حديد على شكل I الذي عزم قصوره أكبر بكثير من عزم قصور الحديد المستطيل الذي قطاعها متقدم مع القطاع المذكور في المساحة خصوصا وان صناعة الحديد بالشكل السابق ليست صعبة كثيرا

لكن حيث ان حساب عزم القصور المذكور متشعب نوعا فتسهل دراسة ابعاد القطاعات التي على شكل ضعف حرف T بالطرف الآتية وهي

أن سبب الحديد التي بشكل I يسمح بتغيير سمك ارجلها (ابدانها) بدون تغيير باقي اجزاء القطاع وقد يوجد جملة اشكال من الحديد التي على شكل I مبنية في اطالس الفابريقات المستخرجة منها تلك الحديد وانما احسنها هي الحديد المتماثلة بالنسبة لمستوى افقي مار بوسط ارتفاعها وهي التي نحدث بالنسبة لقطاع معلوم عزم قصور اعظم ما يمكن يجعل مركز الثقل على أكبر بعد ممكن من طرف قطاع القطعة ووفق النسب هي الآتية



شكل ٢٣

١ يتغير من ٢٥ ر. الى ٦٠ ر. ب

ب يتغير من ٢٥ ر. الى ٦٠ ر. ب = ١٠ ر. ا

وقد توجد في اطالس الحديد المخصوصة المقادير العظمى والصغرى للسكس التي يمكن لآلات السحب اجرائها كما في شكل ٢٣ وقد تحسب بالنسبة لكل نوع من الحديد النسبة $\frac{a}{b}$ المقابلة للسكس الأصغر ما يمكن وكذلك التغير للكمية $\frac{b}{c}$ المقابل للتغير الحاصل في الروح بمقدار ميليمتر واحد

ثم يجب أيضا الثقل المقابل للارتفاع المربع من الجنس عينه والتغير الحاصل للثقل المذكور بالنسبة للميليمتر الواحد من السمك فينتج الجدول الآتي

الارتفاع ب	ارتفاع ب	ارتفاع ب	البروز $\frac{1}{c}$	السكس ١-٢	مقدار $\frac{a}{b}$	مقدار $\frac{b}{c}$	مقدار $\frac{a}{c}$	مقدار $\frac{a}{b}$
١٤٠	١٤٠	١٤٠	٣٦	٦	٢٠	١١٣	٣٤٧	٢٠
١٦٠	١٦٠	١٦٠	٣٦	٨	٥٠	١٣٥	٤٤٧	٢٢
١٨٠	١٨٠	١٨٠	٤٤	٩	٢٠	١٤٤	٥٤٠	٣٢
٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٥٠	١٠	٢٠	١٤٤	٦٦٦	٣٤
٢٦٠	٢٦٠	٢٦٠	٦٠	١٢	٢٠	١٦١	١١٢٧	٥٢

ولنفرض ان حساب $\frac{L}{M} \times \frac{N}{P} = \frac{Q}{R}$ $\frac{L}{M}$
 أحدث مقدار ارقيا ١ مثلا الى $\frac{Q}{R}$ فن النادر وجود المقدار المذكور بالضبط في الجدول السابق ويلزم ان
 يبحث عن المقدار القريب جدا منه ويكون صغيرا عنه ولكن $\frac{Q}{R}$ ثم يبحث عن الفرق $\frac{Q}{R} - \frac{Q}{R}$ ويقسمه على
 التغير الحاصل للكمية $\frac{Q}{R}$ يكون الخارج هو عدد المليترات اللازم اضافته على السلك الموجود في الجدول
 وحينئذ اذا فرض أن

$$\frac{Q}{R} = \frac{14800}{1000000} = \frac{148}{100000}$$

ففي أن المقدار الجدولي القريب من العدد المذكور هو

$$13500 \text{ واذ حسب الفرق}$$

$$14800 - 13500 = 1300$$

$$13500 - 1300 = 12200$$

$$12200 - 1000 = 11200$$

يكون

ويقسمته على مقدار تغير $\frac{Q}{R}$ وهو ٤٤٧ فالخارج يكون ٣

وحيث ان قيمته اضافة ٣٣ ميليمتر الى السلك .. رد الموجود في الجدول

واستعمال هذا الجدول يسمح بادخال مقدارم اللازم اتخاذه في الانشا وانما لا يحدث تسهيلات للحسابات
 بقدر الامكان الا اذا اتخذ مقدار معين للعامل م والمقدار الذي يوافق لهذا النوع من الكدايد والتطبيقاته

$$3 = 7 \times 10$$

وحيث ان النسبة لقطعة من الكدايد معلومة يكون

$$\frac{Q}{R} = \frac{3}{7} = \frac{1}{2.33}$$

$$\frac{Q}{R} \times 10 \times 48 = \frac{3}{7} \times 10 \times 48 = 205.7$$

وبالنسبة لأزيداد ميليمتر واحد في السلك يكون تغيره $\frac{1}{2.33} = 0.43$ $10 \times 48 = 480$ ك

وحيث ان الجدول مشابه للتقدم بحيث يكون محتويا على مقادير $\frac{Q}{R}$ ومقادير تغيره $\frac{Q}{R}$

واستعمال الجدول المذكور عين استعمال الجدول السابق

الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع	الارتفاع
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦
١٤٠	١٦٠	١٨٠	١٥٤	١٤٠	١٢٠	١٠٤	٩٠	٧٦

فيئذ إذا فرض ان المطلوب تحميل سقف بمقدار ٢٥٠ كيلوجراما بالنسبة للمتر المربع وكان بعد القطع عن بعضها مسافرا الى ٧٠٠ متر وطولها مساويا الى ٦٠٠ متر فإنه يوضع

$$٢٥٠ \times ٧٠٠ = ١٧٥ \text{ ل. جراما } ١٧٥ \times ٦ = ١٠٥٠ = ٦٣٠٠$$

فالعدد الذي يقرب كثيرا من ٦٣٠٠ في هذا الجدول هو ٥٤٣٣ فبقسمة الفرق وهو ٦٣٠٠ - ٥٤٣٣ = ٨٦٧ على ١٥٦٨٠ يكون

$$\frac{٨٦٧}{١٥٦٨٠} = ٥٧٥ \text{ ر. أو } ٦ \text{ هو عدد المليمترات اللازمة إضافة على تلك الرأس}$$

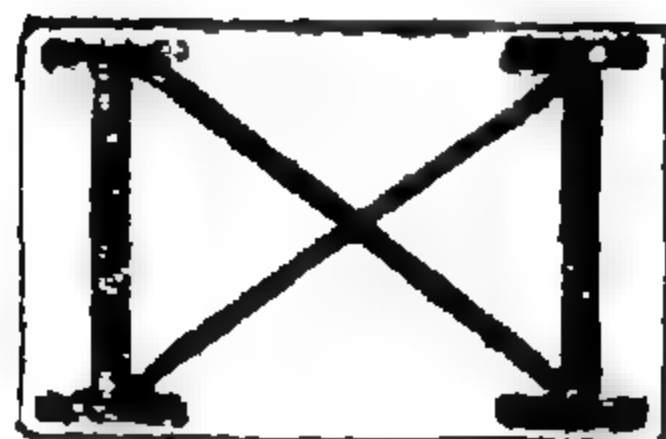
ثم ان قطعة الحديد التي كان ثقل المتر فيها ٢٠٠ كيلوجراما متر واحد بمقدار ١٠٩ ر. $٢ \times ١٠٩ = ٢١٨$ ر. ويكون ثقلها الكلي مساويا الى ٢٦٥٤ ر. لكن حيث ان قطعة الحديد الجدولي ب لا تزن سوى ٢٢٠ ر. ل. جراما وان مقدار ر. ل. المقابل لها هو ٦٥٠٤ ر. أعني كبيرا قليلا عن المقدار اللازم فيئذ يجب استعمال المقدار المذكور

وبهذه الطريقة يقول الحساب المشعب في الظاهر للحايد التي على شكل I الحساب ر. ل. بناء على التكوين البسيط للجدول السابق ومقدار ر. ل. الداخل في الحسابات يتركب من حمل السقف نفسه ومن الأحمال العارضة وهناك جدولا مشتملا على مقادير ر. ل. منقسمة الى أحزائها

المحلات	مساحة المحطة	حجم الحمل	حجم الحمل	حجم الحمل	حجم الحمل
أود السكن	نفر	كيلوجرام	كيلوجرام	كيلوجرام	متر
١٠٣	١٥٠	١٠٠	١٧٥	١٧٥	٧٠
٣٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٥	٢١٠	٧٠
			١٧٥	١٧٥	٦٠
					٥٠
الصالات الكبيرة	٤٠٠	١٥٠	٣٠٠	٢٧٠	٦٠
			٢٤٥	٢٤٥	٥٠
			١٨٠	١٨٠	٤٠
مكاتب أو محلات شغل	٣٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٥	٧٠
صالات اجتماعات	٤٠٠	١٨٠	٣٢٠	٣٥٠	٧٠
			٣٠٠	٣٠٠	٦٠
			٢٧٥	٢٧٥	٥٠
صالات للاجتماعات الكبيرة	٦	١٨٠	٤٢٠	٤٢٠	٧٠
			٣٦٠	٣٦٠	٦٠
			٣٠٠	٣٠٠	٥٠
			٢٤٠	٢٤٠	٤٠
			٢١٠	٢١٠	٣٥
مخازن تجاره متخزنة بضع	٠٠	٥٠	٤٥٠	٣٥٠	٧٠
قليلة الثقل				٢٧٥	٥٥
				٢٢٥	٤٥
مخازن بضع ثقيله -	٠٠٠	١٠٠	٩٠٠	٧٠٠	٧٠
حواصل				٦٠٠	٦٠
				٥٠٠	٥٠

والأسقف

८३



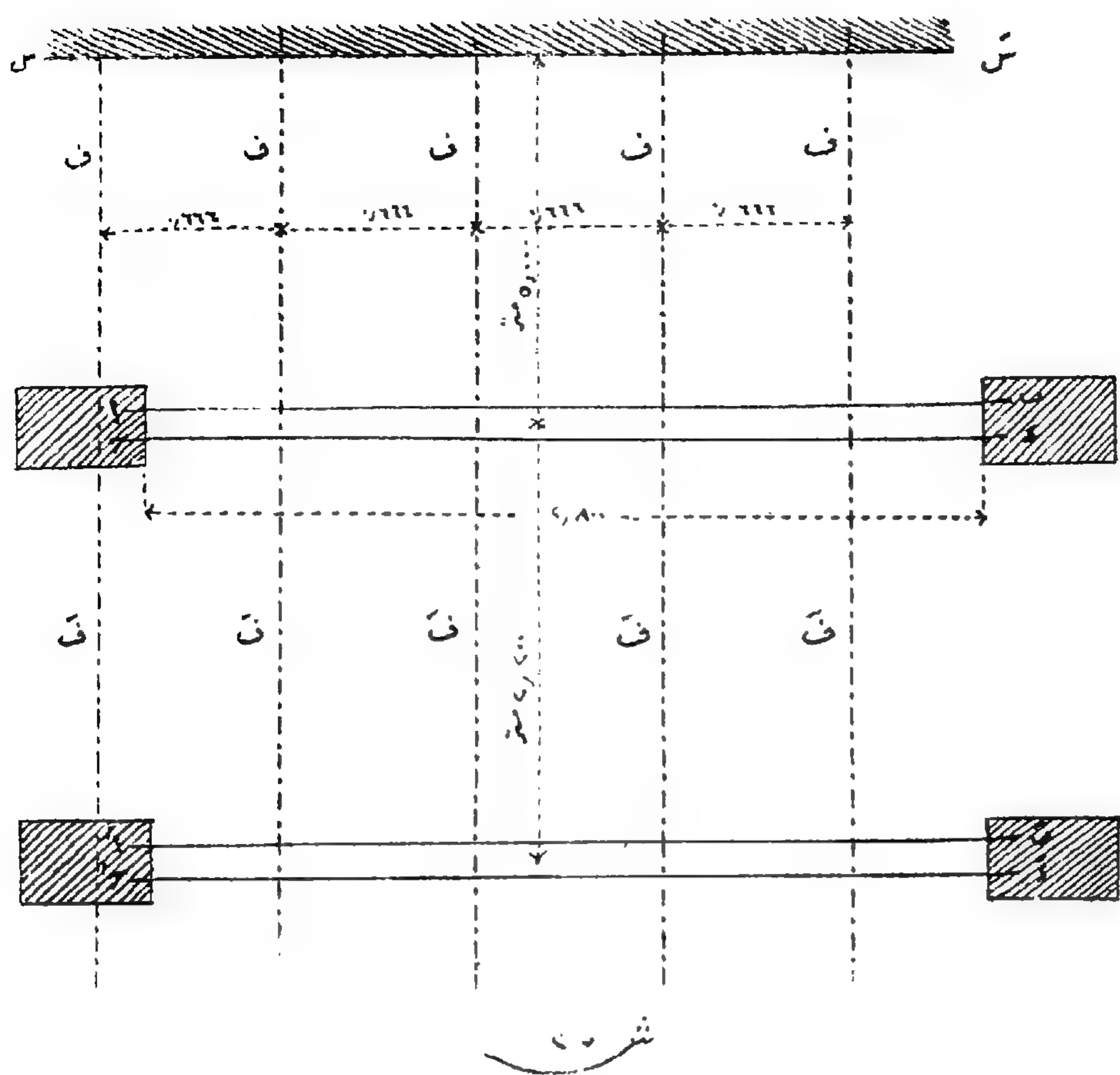
وبناء على المعاليم السابقة فالسقف الذى ثقل المتر المربع منه يساوى ٤٠٠ كلوجراما و هو له يساوى ٧٠ متر والطع فيه متاعدة عن بعضها بمقدار ٦٠٠ متر فان قيمته تكون بحسب الاثمان الآتية بالنسبة لحسن تركيبه ويؤدى الى النتائج الآتية أيضا

جنس التركيب	حدايد على شكل I	حدايد قطاعها مستطيل	حشب
الارتفاع	متر	متر	متر
العرض	٤٦٠ ن	٤٠٤ ن	٣٦٧ ن
السمك	٦٧ ن	٤٠ ن	١٢٢ ن
السهم في الوسط	١٣ ن
الثقل بالنسبة للمتر الطولي	١٠٨ ن	١٥٣ ن	١١٢ ن
الثقل بالنسبة للمتر المربع	٦٠٠ ن	٦٠٠ ن	٦٠٠ ن
ثمن ١٠٠ كيلوجرام مربعة في عملها	٦٦, ٦٦	٦٠, ٦٠	٦٠, ٦٠
الثمن بالنسبة للمتر المربع	٦٠, ٦٠	٦٠, ٦٠	٦٠, ٦٠

والسيرة هو جمع المتراكب

مثال علی حساب الأمتقف

الفرض سقفا مركبا كاهومين في شكل الذي فيه ا ب ا ح و ه ا ح و ا ح د ي تين كل منهما على شكل I مرتبطتين مع بعضهما بتسليخ ارتباطا جيدا
وبالمثل ا ب ا ح و

[illegible]

فالاحساب الحدايد ف
هذه الحدايد يمكن اعتبارها
كقطع مرتكزة على نقطتي ارتكاز
متباعتين عن بعضهما بمقدار
...هـ مركبة في شكل ٢٦ وحملتها بالنسبة
للمرء الطويل بشقل قدس

$$50 \cdot X \cdot 2999 + 2 = 2$$

الذى فيه رمى لشغل المرأة الطولى من العتب او يكون

ق = ۲ + ۱۶۶۵۰ ك جرام

وحيث ان عزم الكسر الأعظم ما يمكن يكون في وسط العتب فقد ان يكون

أو $\frac{1}{\lambda} = (2 + 0.1665)$

أو $(167.5 + w) \cos \frac{1}{\lambda} = \epsilon$

$$(177, 0. + 2) 3, 100 = 8$$

وحیت کان $m = \frac{u}{c}$ فیحد

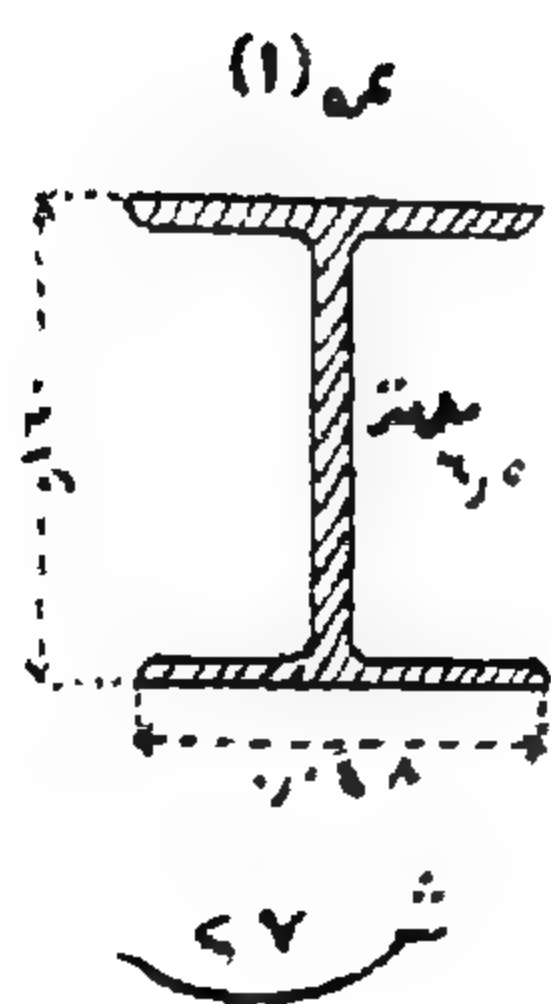
$$\frac{L}{S} \times r = \varepsilon$$

فبالنسبة للاعتاب نمو شكل المأخوذة من جدول أحد الفاريقات يكون

۵۰ = ۱۴۰ کیلو حیرام و منہا بیج

$$070,4120 = \text{£}$$

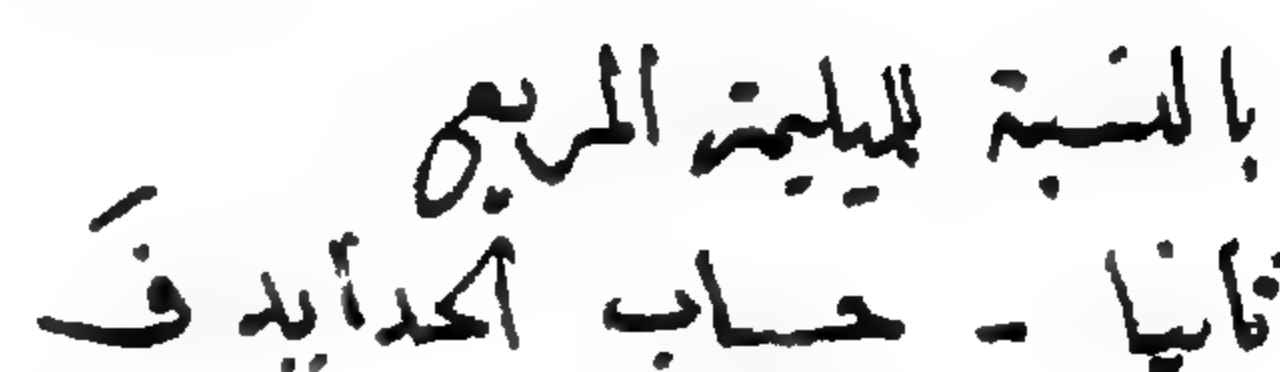
أو $\dots \vee \wedge \exists = \frac{c}{s}$



وأما بالنسبة للاعتناء بنوع شكل الجدول المذكور يكون

٢ = ١٦٠٠ كجراما ومنها

$$\gamma_{rc} = \frac{0.7}{7.0 \times 10^{-9} \times 91.789} = 10.6 \text{ (} 0.7 = \epsilon \text{)}$$



هذه المدايد يمكن اعتبارها كقطع متزنة على نقطتي ارتكاز متباعدتين عن بعضهما بمقدار c, c متر كما في شكل ٤٩، وعلى كل منها مالتية التواء الطولي بحمل قدره

$$\bar{u} = v + \text{דדד} \cdot x \text{ או}$$

$$177)0. + v = \hat{v}$$

وعزم الكسر الا عظمه ما يمكن يكون فنقص الحب ومقداره هو

$$E = \frac{1}{\lambda} (2.0 + v) \quad \text{أو}$$

$$\text{أو } (17750 + 9) \times \frac{1}{100} = 8$$

$$ع = ٢٦٠٠ (١٦٧٥٠ + ٣)$$

$$(177,00 + 2) \cdot 1700 = \frac{1}{2} \times p = \varepsilon$$

فبالنسبة للعب نمر ١ شكل ٢ الجدول المذكور يكونه = ٨٠٠ كيلو جراما

ویکون ع = ۱۰۶ ر۰۷ ویکون $\frac{4}{9}$ = ۳۱۶۵۸۹ ر۰۰۰۰۰ وچینڈ

يكون $m = \frac{167.06}{10.87 \dots 316019} = 36 \text{ ر } 33$ كجراماً بالنسبة للمليغرام المربع

وبالنسبة لعب ثمة ٢ شكل ٣١ للجدول المذكور يكون

۵ = ۸۱۰ کلوگرام ویکون ع = ۱۰۶۰۰

وچینڈیکون $\frac{4}{5} = 4160000$

$$v. 30 = \frac{170.5}{71.82000004168} = 2.37$$

ثالثاً - حساب الهدایه اب احمد ، اب یوسف ، اب یحییٰ

حيث ان هذه الهداية مجتمعة مع بعضها مثنى بحيث ينشأ عن كل اجتماع عيب واحد فينفذ يمكن اعتبار كل مجموع عيبين كعيب مركز على نقطتين متباعدتين عن بعضها بمقدار ١٠، ٢ متر كما في شكل ٣٠ ومحل اولا بالثقل به بالنسبة للمتر الطولي من مجموع العيبين الاصليين وثانيا بجملة قوى متساوية كل منها مساوية الى ١٠ ومقدارها هو

$$\frac{1}{2} \times 2777 (0.01 + 0.02) = 200 \text{ أو } 200$$

م = ٦٠ كيلوجرام وذلك بالنسبة للعب الكلى ١٢١٥



وعزم الكسر الأعظم ما يمكن يكون في القطاع الموجود في منتصف العتب ومقداره هو

$$ع = ع \times \frac{ل}{٤} - ع \times \frac{ل}{٤} \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤}$$

$$ع = ع \times \frac{ل}{٤} - ع \times \frac{ل}{٤} \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤}$$

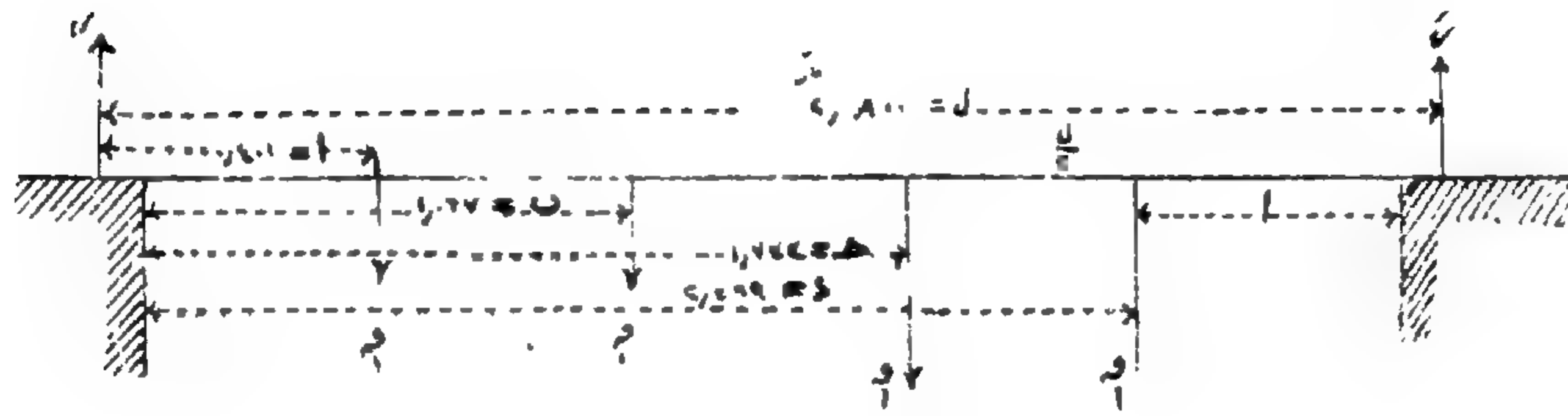
وحيث أن

$$ع = ع \times \frac{ل}{٤} - ع \times \frac{ل}{٤} \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤}$$

$$ع = ع \times \frac{ل}{٤} - ع \times \frac{ل}{٤} \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤}$$

$$ع = ع \times \frac{ل}{٤} - ع \times \frac{ل}{٤} \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤}$$

$$ع = ع \times \frac{ل}{٤} - ع \times \frac{ل}{٤} \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤} - (ع - \frac{ل}{٤}) \times \frac{ل}{٤}$$



ش ٣٤

ونقل كل من العتين الأصليين المكونين للعتب الكلي المبين في شكل ٣٣ بالنسبة للمتر الطولي بناء على جدول الفارقة هو ١٤٥ كيلوجراما حينئذ يكون

$$ع = ٤٩٠٠٠ \text{ كيلوجراما ويكون}$$

$$ع = ٩٠٩٠٠ \text{ وحينئذ يكون}$$

$$م = ع \times \frac{ل}{٤} \times \frac{ل}{٤} \text{ ولكن}$$

$$\frac{ع}{٤} = ٣٢٠٠٠٠٧٨٩٣٢ \text{ حينئذ يكون}$$

$$\text{أو } \frac{٩٠٩٠٠}{٦١٠ \times ٣٢٠٠٠٠٠٧٨٩٣٢} = م$$

$$\text{أو } \frac{٩٠٩٠٠}{٧٨٩٨٣٢} = م$$

$$م = ٥٠٧٦ \text{ كيلوجراما بالنسبة للمتر المربع}$$

وقياسا على ذلك يجب العتب الكلي أن يوزن هكذا

ويمكن حساب سم الانحناء من القانونين الآتيين

$$ف = \frac{ع}{٤} \times \frac{ل}{٤} \text{ (١) وهو بالنسبة للعتب المركز على نقطتين بالحدية}$$

$$ب = \frac{ع}{٤} \times \frac{ل}{٤} \text{ (٢) وهو بالنسبة للعتب المثبت في نقطتي ارتكاز}$$

الذين فيها ف رمز لسم الانحناء، و رمز للحمل الموزع بانتظام على المتر الطولي الناتج عن الحمل المستمر والحمل العارضى معا، و رمز لطول العتب، و رمز لمعامل المرونة، و رمز لعزم قصور القطاع

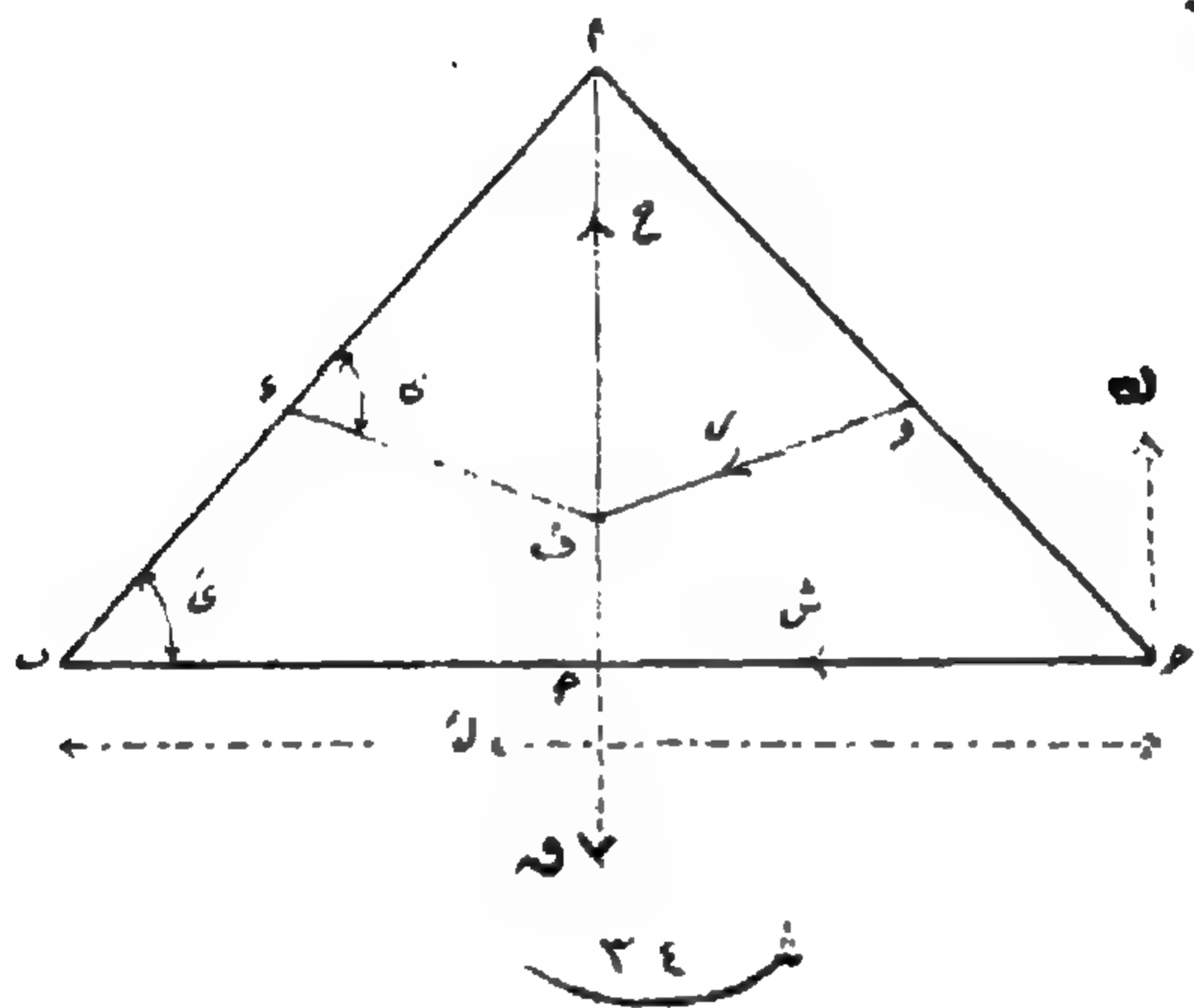
ومسألة حساب اسم الانحناء مهمة جدا في التسقيف حيث أنه يلزم أن لا يزيد سمهم الانحناء الأعظم ما يمكن عن المقدار الناتج من الحساب

فحسب

٣١ في حساب الجملونات الخشبية والمعدنية

حيث أن الجملونات تصنع على جملة أشكال فنكلم على المصنف منها فنقول
الشكل الأول - لحساب هذا الشكل من الجملونات المركب كما في شكل ٢٤ من ضلعين مائلين اب، اد ومن ذراعين
ف و ا ف، ومن شداد د د ومن قائم اه

نفرض ان سعة الفتحة هي ل، وان قه هو الثقل الواقع في منتصف الشداد وان قه هو الحمل الموزع
بانتظام على المتر الطولي من الافقي ونقطع النظر عن ثقل الذراعين والقائم ونزج حرف س للضغط الواقع على
الذراع وحرف ث لشد الشداد وحرف ح لشد القائم اعلى نقطة ف
ولنعتبر نصف الجملون فيرى ان الثقل الرأسى قه ل يحدث على الضلع المائل ضغطا طويلا قدره قه ل حائى
وقوع عمودية موزعة بانتظام مقدارها قه ل حائى وحيث ان



الذراع بسند الضلع المائل في منتصفه تقريبا وبلزم ان يكون فيه
الصلابة الكافية لثبات النقطة وحينئذ يمكن اعتبار الضلع
المائل كحطب ذى فئتين متساويتين ويكون عنبر الانحناء في نقطة
الارتكان المتوسطة بعد المتر الطولي كل من الفئتين المذكورتين
بحرف ل ولحل بالنسبة للمتر الطولي بحرف قه هو

$$\frac{ل}{ق} = \frac{ق}{ل} \quad \text{ش ٢٤}$$

وعنبر الانحناء في نقطة حيث اتفقت من الفئتين المذكورتين هو

$$ع = \frac{ق}{ل} - \frac{ل}{ق} \quad \text{ش ٢٤}$$

وحيث ان احل القاطع هو مشتقة ع بدلالة س فاذا فرض له بالرمز ك يكون

$$ك = \frac{ق}{ل} - \frac{ل}{ق} + قه س$$

وبجعل س = ل على التوالي وتحويل قه بالمقدار قه حائى، ل بالمقدار $\frac{ل}{ق}$ يكون

مقدار كل من ردى الفعلين العموديين على الضلع المائل في النهايتين اب، اد هو

$$\frac{ق}{ل} - \frac{ل}{ق} \quad \text{ش ٢٤}$$

ومقدار رد الفعل اسفل الذراع في نقطة و هو

$$\frac{ق}{ل} - \frac{ل}{ق} \quad \text{ش ٢٤}$$

وحيث ان الذراع ليس مضغوطة الا في نهايتيه فالقوى الواقعة عليه تؤول الضغط واحد س متجه في اتجاه
محور وحينئذ يكون

$$س حائى = \frac{ق}{ل} - \frac{ل}{ق} \quad \text{ش ٢٤} \quad (١)$$

ومن هذه المعادلة يجب مقدار س

وحيث ان تكون النهاية د متأثرة بثلاث قوى ل، ش، $\frac{ق}{ل}$ قه ل حائى التي يلزم ان تكون متنه ويحدث

$$ك ح ا ي - ش ح ا ي = \frac{3}{17} ق ه ل ح ا ي \dots (٢)$$

وحيث ان الجزء ف ه من القائم يلزم أن يحمل الشداد بحيث تكون النقطة ه ثابتة فينبذ باعتبار الشداد كعب ذي فحين يرى ان شدته في الجزء و ه هي $\frac{3}{17}$ ه وبناء على توازن القوى الخارجة مع الشداد يكون

$$ك - ح - ق ه ل = \frac{3}{8} ه أو$$

$$ك = ق ه ل + \frac{3}{17} ه \dots (٣)$$

وكذا ليست هي رد فعل البناء على الحمل بل هي رد الفعل الواقع من الشداد على الضلع المائل وأما رد الفعل الواقع من البناء فإنه يساوي بداهة نصف الحمل الكلي وحيث ان الشدح في الجزء العلوي من القائم تزيد عن الشدة في جزئه السفلي بمقدار المركبتين الرأسيتين للقوى المؤثرة في محوري الذراعين فينبذ يكون

$$ح = \frac{3}{8} ه + ح ا ي - ي \dots (٤)$$

وبواسطة معادلات (١)، (٢)، (٣)، (٤) تتعين مقادير $س$ $ا$ $ك$ $ا$ $ش$ $ا$ $ح$ مع ملاحظة ان $ش$ هي أيضا الدفع الأفقي المؤثر في رأس الحمل

وحيث ان الضلع المائل متأثر في آن واحد بقوى الخواء وقوى ضغط في اتجاه محور فقطاعه يلزم ان يكون متغيرا لكن يجعل عادة ثابتا مع مراعاة أكبر القوى المتأثر بها

الشكل الثاني للحملون وهو المسح بشكل المهندس بولونسو

قد ينشأ كثيرا في سقائف محطات السكك الحديدية شكل الحملون اختراع المهندس بولونسو وهذا الشكل اما ان يكون بتمامه من المعدن أو من الخشب والمعدن معا ويسمى باختيار سعة كبيرة ومنظرة ليسجيا وحملون بولونسو المبين في شكله ٣ يتكبد من ضلعين مائلين مرتبط كل منهما ارتباطا مفصليا من

منصفه بذراع من الحديد الزهر $د و$ عمودي عليه والطرف

الآخر من الذراع مرتبط ارتباطا مفصليا أيضا بشددين من الحديد وه $ا و ب$ رابطين الذراع المذكور بالضلع المائل

السالف ذكره

والغرض من هذا التركيب تحويل الضلع المائل الى نوع عتب

مسلح

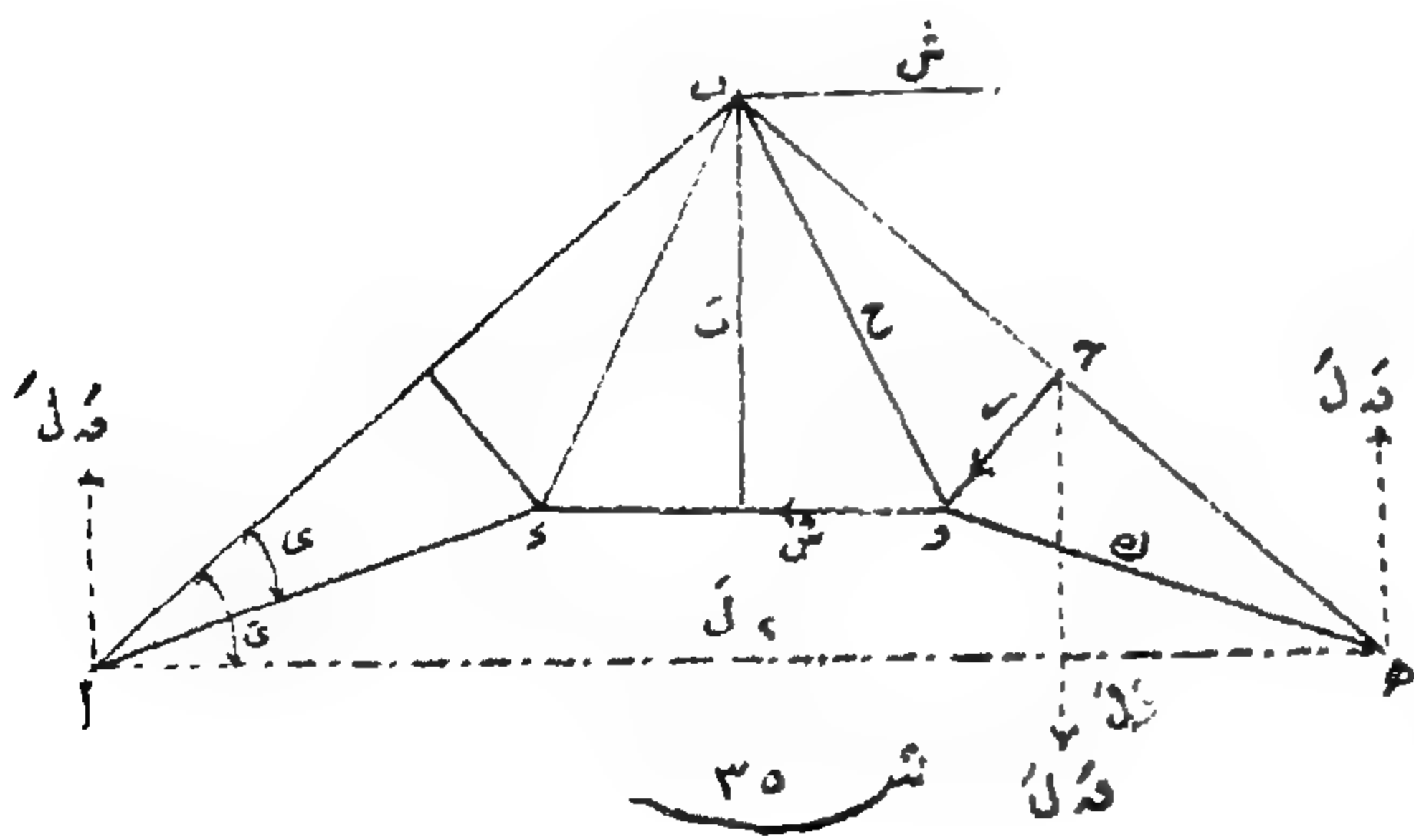
والرأسان $ا$ و $ب$ للذراعين مجتمعان بشداد افقي من الحديد

الذي يمكن جعل شدته بحيث تكون كافية لاعداد مدافعة

الحملون على نقطتي الارتكاز $ا$ و $ب$ اللتين يؤثر في كل منهما فقط رد الفعل الرأسى $ق ه ل$ المساوي

لنصف ثقل الحملون بقطع النظر عن اثقال الشدادات والذراعين

ومن



ومن جهة أخرى فإن الثقل $ق$ ل نصف الجلون يؤثر في نقطة $ح$ وحينئذ فالقوتان الرأسيتان تؤولان
 إلى ازدواج قوته $ق$ ل وذراع رافعه $ل$ ل
 وعزم الازدواج المذكور يكون $ل$ ق $ل$ وحينئذ لحصول التوازن يلزم مساواته بالعزم الناتجة
 من القوى الأفقية وهي أولا رد الفعل أو الدفع $ش$ لنصف الجلون الأيسر على نصفه الأيمن وثانيا
 الشد $ش$ للشداد الأفقي الجامع لنصفي الجلون مع بعضهما وهاتان القوتان تكونان ازداجا عزمه يساوي
 $ش$ $ل$ وحينئذ يحدث

$$ل ق ل = ش ل$$

والشد $ش$ يلزم أن يكون حاصلًا من الشداد وحينئذ فتزني برمية الشداد المذكور للحصول على هذا
 الشد وتجعل إحدى النهايتين ١ للجلون على دراهيل بحيث لا يحدث قط رد فعل أفقي من نقطة الارتكاز
 والشداد يأخذ حينئذ شدته المناسبة بالطبع
 وكذا الشدادان $و$ ، $و$ يمكن زنفهما بحسب الإرادة متى وضع الجلون في محله بصية تنظيمها بحيث يتركز
 الذراع الزهر $و$ على الضلع المائل بقوة $ك$ يمكن اعتبار النقطة $ح$ كنقطة ثابتة
 وحينئذ يصير الضلع المائل عتبا ذاتي متساويتين والقوى القاطعة $س$ على نقطة الارتكاز المتوسطة
 تكون مساوية إلى

$$س ق ل ح ا ي$$

وعلى نقطتي الارتكاز المتطرفتين تكون مساوية إلى

$$\frac{3}{16} ق ل ح ا ي$$

وحينئذ يكون

$$\frac{3}{16} ق ل ح ا ي = ق ل ح ا ي - ل ح ا ي$$

ومن هذه المعادلة يستخرج مقدار $ل$ الذي هو عبارة عن رد فعل الشداد $ا$ ، $و$ $و$ على الجلون
 وكذا باسقاط جميع القوى المتقاطعة في نقطة $ب$ الواقعة على نصف الجلون على محور عمودي على الضلع
 المائل يحدث

$$ش ح ا ي - ح ح ا ي = \frac{3}{16} ق ل ح ا ي$$

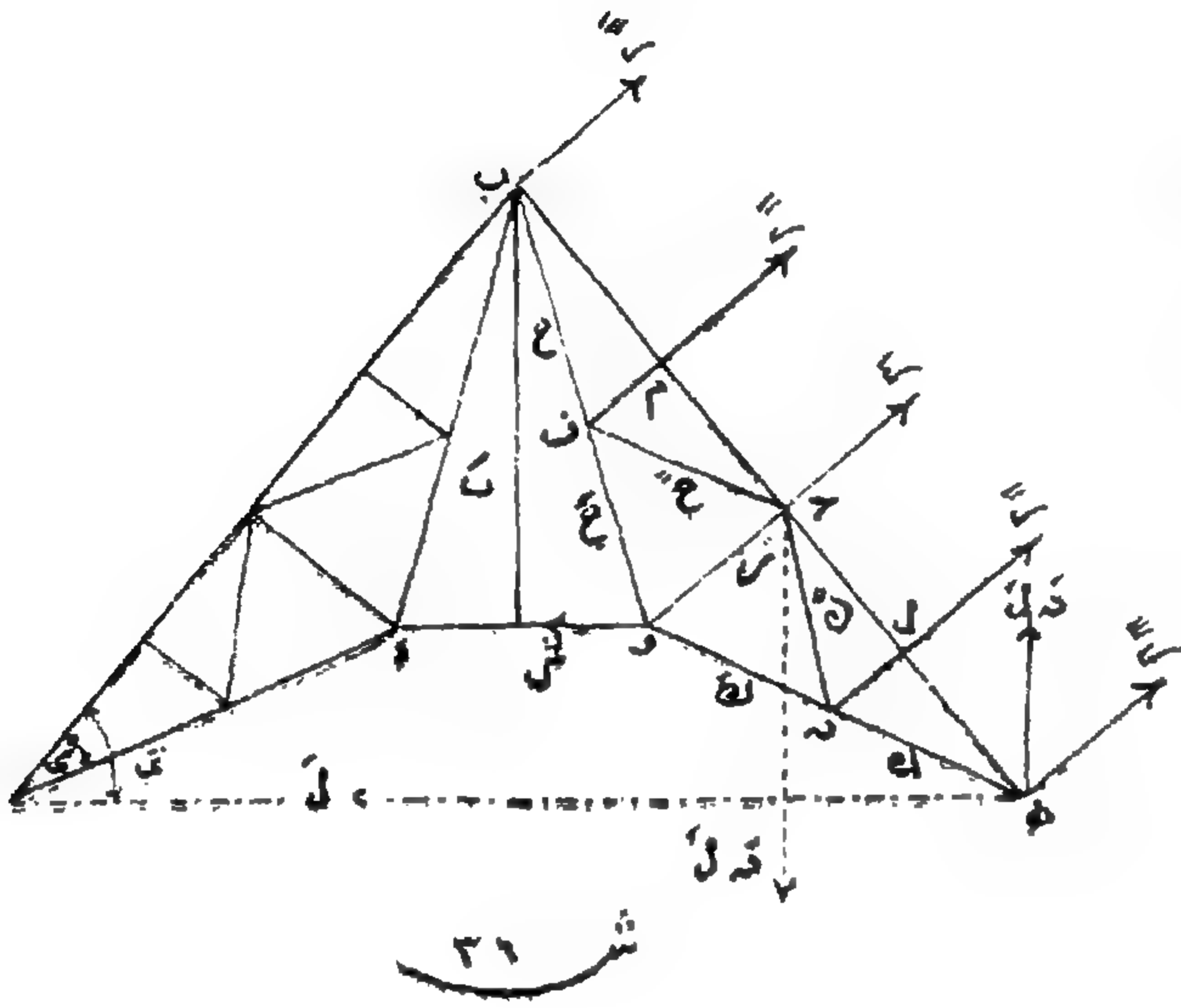
ومنها يستخرج مقدار $ح$

وحينئذ تكون جميع المعاليم اللازمة لحساب القطع معلومة ماعدا الضلع المائل المتأثر في آن واحد بأحمال
 ضغوط وأحمال انثناء فإنه يكفي بحسبه لأجل عدم تشعب المسألة باعتباره كعب $ب$ $و$ مركز على
 نقطتي ارتكاز ومتأثر بجمل عمودي منتظم مقدار $ق$ $ح ا ي$ بالنسبة للمثلث الطولي

وفي الدقيق فإن الحسابات السابقة تؤدي إلى صلاية نظرية لا توجد في العلم مطلقا ويلزم تجديد الجلون
 زنا فزمناسب تغير درجة الحرارة وحينئذ يلزم أن يترك لأحدى نهايتي الجلون مسافة أفقية

قليلة ليحصل فيها التمدد
ومنى استعمال شداد طويل افقى فانه يكون له بسبب ثقله منهم انحاء محسوس تأثيره ردى ويمكن اعدام
هذا السهم بواسطة قائم نازل من الرأس ب بحيث يكون كافيا لمقاومة $\frac{1}{2}$ حمل الشداد كما ذكر
الشكل الثالث للجملون

في حالة ما يكون الفخامات كبيرة جدا فانه يستعمل جملون بولونسو على صورة كثيرة التركيب كما هو مشاهد من شكل ٣٦
وفيه يقسم الضلع المائل الى اربعة اقسام متساوية
وتسند نقط التقاسيم بأذرع من الحديد الزهر
والذراع المتوسط يرتبط بنهايتى الضلع المائل بشدادين
وأما الأذرع الأخرى فأنها ترتبط بنهايتيها مع
نصف الضلع المائل المذكور



ومن المعلوم ان مقدار عزم القوى الرأسية
الخارجية هو دائما مساو الى $\frac{1}{2}$ $ه$ وعزم القوى
الافقية هو $ش$ فيسند يكون
 $ش = \frac{ه}{2}$

ويرى في هذه الحالة أن الضلع المائل ب ه عبارة
عن عتب دى اربع فئات متساوية وحينئذ بتطبيق نظرية العزم مع استعمال القانونين العموميين الخاصين بهما
على الضلع المائل المذكور يحدث

$$س = \frac{1}{4} ه \quad د = \frac{1}{2} ه \quad ح = \frac{1}{4} ه \quad ز = \frac{1}{4} ه$$

وبوضع شرطى توازن القوى الخارجية الواقعة في كل من نقطتى ه ا ب يكون

$$\frac{1}{4} ه \quad د = \frac{1}{2} ه \quad ح = \frac{1}{4} ه \quad ز = \frac{1}{4} ه$$

ومن هاتين المعادلتين يستخرج مقدار اله ح ووضع شروط توازن القوى الواقعة في نقطتى ف ا ب
أعنى يجعل كل من مجموع مساقط القوى على محورين احدهما مواز للضلع المائل والثاني عمودى عليه مساويا
لصفر يحدث اربع معادلات يستخرج منها الثلاث معادلات الآتية وهى

$$\frac{1}{4} ه \quad د = \frac{1}{2} ه \quad ح = \frac{1}{4} ه \quad ز = \frac{1}{4} ه$$

والضغط س للذراع الوسطى يحصل بملاحظة ان محصلة الثلاث قوى س ا ل ح مساوية ومضادة للحمل
القاطع س وحينئذ يكون

$$س = \frac{1}{4} ه$$

وقد نتج من الحسابات أنه بالنسبة للحمل الواحد تكون الجملونات أخف كلما كانت الزاوية γ قريبة
من 45°

الشكل الرابع للجملون

ويوجد شكل رابع للجملون مستعمل في المانيا كما في شكل ٣٧ يسمح لعل الجملونات بفتحات عظيمة جدا ويفرض في هذا الجملون ان الاحمال واقعة في ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢ التي هي نقاط تأثير المربوعات والشدادات والاذرعة ويفرض حينئذ تساوي هذه الاثقال حيث ان المربوعات موضوعة على ابعاد متساوية من بعضها ولا يمكن عدم

وضع المربوعات على ابعاد متساوية

من بعضها ومع ذلك لا يحصل تغيير

في طريقة الحساب واخيرا يسلم

باعتبار الجملون كجملة متعشقة

حتى يمكن تحليل القوى الضرورية

للحصول على مقادير الشد والضغط

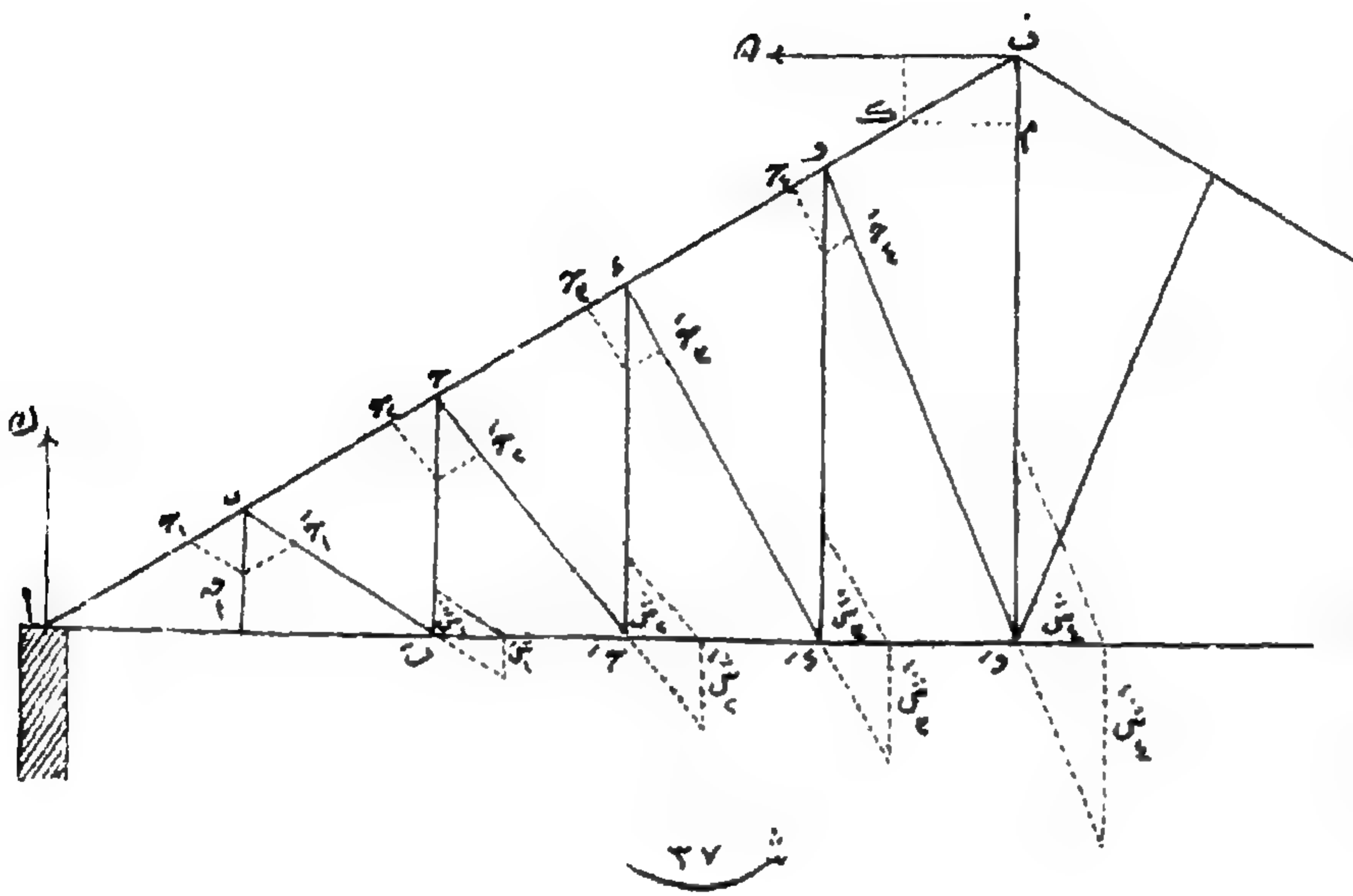
اذا تقرر هذا يقال ان الثقل P

يحدث في اتجاه AB ضغطين

P_1 و P_2 وينقل القوتين الاخيرة

في C فانها تحدث في اتجاه AC شدا

قدرة S_1 وفي اتجاه BC شدا



قدرة S_2 وينقل هذا الشد في D وضم الثقل P اليه فان المحصلة تحدث في اتجاه CD ضغطا قدرة P_3

وفي اتجاه DE ضغطا قدرة P_4 وينقل الضغط المذكور في E واجراء العمل كما سبق الى نقطة F والحصول

على مقدارى الشدين S_1 و S_2 ثم نقل S_1 في F وضم الثقل P اليه تحصل قوة P_5 وتجهيل هذه

المحصلة ورد الفعل الاخرى R للضلع المائل الثاني معا ينتج ضغط الضلع المائل الاول وهو $F_1 = K$

على جميع الهول F وبالمثل يكون في نقطة G شد الشداد $S_3 = P$

وينتج من ذلك التوزيع الآتي للقوى وهو بالنسبة للضلع المائل

ضغوط في الطول	F و ... K
» »	$P_1 + K$ و ... P_2
» »	$P_2 + K + P_1$ و ... P_3
» »	$P_3 + K + P_2 + P_1$ و ... P_4
» »	$P_4 + K + P_3 + P_2 + P_1$ و ... P_5

شدود الشداد

في F و ... S_1

في الطول و ... $S_2 + S_1$

في الطول	وَح	... ش + ش + ش
د	حَت	... ش + ش + ش + ش
هـ	تَا	... ش + ش + ش + ش + ش

ضغوط الأذرع

ذراع	مَت	... ح
ذراع	حَح	... ح
ذراع	وَو	... ح
ذراع	وَو	... ح
شدود القوائم الرأسية		
الشدود الواقعة في	ب صفر
"	" ش
"	" ش
"	" ش
"	" ش
"	" ش

ويلزم ان يلاحظ بالنسبة للشد الأخير ان شدته الحقيقية هي $\frac{1}{2}$ ش بسبب الذراع المائل للذراع وَو المؤثر على الذراع وَو المذكور

وهذه الطريقة يمكن تطبيقها بالمثل على الجملونات التي من هذا القبيل وشدادها ليس افقيا ويمكن تطبيقها أيضا على الحالة التي يكون فيها الحمل موزعا بانتظام على الضلع المائل مع فرض ان النقط ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ تكون على خط مستقيم واحد

وحينئذ يلزم ان تحسب بناء على عدد الفتحات ردود افعال نقط الارتكاز التي تعطى مقادير القوى $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{32}$ $\frac{1}{64}$ $\frac{1}{128}$ $\frac{1}{256}$ $\frac{1}{512}$ $\frac{1}{1024}$ $\frac{1}{2048}$ $\frac{1}{4096}$ $\frac{1}{8192}$ $\frac{1}{16384}$ $\frac{1}{32768}$ $\frac{1}{65536}$ $\frac{1}{131072}$ $\frac{1}{262144}$ $\frac{1}{524288}$ $\frac{1}{1048576}$ $\frac{1}{2097152}$ $\frac{1}{4194304}$ $\frac{1}{8388608}$ $\frac{1}{16777216}$ $\frac{1}{33554432}$ $\frac{1}{67108864}$ $\frac{1}{134217728}$ $\frac{1}{268435456}$ $\frac{1}{536870912}$ $\frac{1}{1073741824}$ $\frac{1}{2147483648}$ $\frac{1}{4294967296}$ $\frac{1}{8589934592}$ $\frac{1}{17179869184}$ $\frac{1}{34359738368}$ $\frac{1}{68719476736}$ $\frac{1}{137438953472}$ $\frac{1}{274877906944}$ $\frac{1}{549755813888}$ $\frac{1}{1099511627776}$ $\frac{1}{2199023255552}$ $\frac{1}{4398046511104}$ $\frac{1}{8796093022208}$ $\frac{1}{17592186044416}$ $\frac{1}{35184372088832}$ $\frac{1}{70368744177664}$ $\frac{1}{140737488355328}$ $\frac{1}{281474976710656}$ $\frac{1}{562949953421312}$ $\frac{1}{1125899906842624}$ $\frac{1}{2251799813685248}$ $\frac{1}{4503599627370496}$ $\frac{1}{9007199254740992}$ $\frac{1}{18014398509481984}$ $\frac{1}{36028797018963968}$ $\frac{1}{72057594037927936}$ $\frac{1}{144115188075855872}$ $\frac{1}{288230376151711744}$ $\frac{1}{576460752303423488}$ $\frac{1}{1152921504606846976}$ $\frac{1}{2305843009213693952}$ $\frac{1}{4611686018427387904}$ $\frac{1}{9223372036854775808}$ $\frac{1}{18446744073709551616}$ $\frac{1}{36893488147419103232}$ $\frac{1}{73786976294838206464}$ $\frac{1}{147573952589676412928}$ $\frac{1}{295147905179352825856}$ $\frac{1}{590295810358705651712}$ $\frac{1}{1180591620717411303424}$ $\frac{1}{2361183241434822606848}$ $\frac{1}{4722366482869645213696}$ $\frac{1}{9444732965739290427392}$ $\frac{1}{18889465931478580854784}$ $\frac{1}{37778931862957161709568}$ $\frac{1}{75557863725914323419136}$ $\frac{1}{151115727451828646838272}$ $\frac{1}{302231454903657293676544}$ $\frac{1}{604462909807314587353088}$ $\frac{1}{1208925819614629174706176}$ $\frac{1}{2417851639229258349412352}$ $\frac{1}{4835703278458516698824704}$ $\frac{1}{9671406556917033397649408}$ $\frac{1}{19342813113834066795298816}$ $\frac{1}{38685626227668133590597632}$ $\frac{1}{77371252455336267181195264}$ $\frac{1}{154742504910672534362390528}$ $\frac{1}{309485009821345068724781056}$ $\frac{1}{618970019642690137449562112}$ $\frac{1}{1237940039285380274899124224}$ $\frac{1}{2475880078570760549798248448}$ $\frac{1}{4951760157141521099596496896}$ $\frac{1}{9903520314283042199192993792}$ $\frac{1}{19807040628566084398385987584}$ $\frac{1}{39614081257132168796771975168}$ $\frac{1}{79228162514264337593543950336}$ $\frac{1}{158456325028528675187087900672}$ $\frac{1}{316912650057057350374175801344}$ $\frac{1}{633825300114114700748351602688}$ $\frac{1}{1267650600228229401496703205376}$ $\frac{1}{2535301200456458802993406410752}$ $\frac{1}{5070602400912917605986812821504}$ $\frac{1}{10141204801825835211973625643008}$ $\frac{1}{20282409603651670423947251286016}$ $\frac{1}{40564819207303340847894502572032}$ $\frac{1}{81129638414606681695789005144064}$ $\frac{1}{162259276829213363391578010288128}$ $\frac{1}{324518553658426726783156020576256}$ $\frac{1}{649037107316853453566312041152512}$ $\frac{1}{1298074214633706907132624082305024}$ $\frac{1}{2596148429267413814265248164610048}$ $\frac{1}{5192296858534827628530496329220096}$ $\frac{1}{10384593717069655257060992658440192}$ $\frac{1}{20769187434139310514121985316880384}$ $\frac{1}{41538374868278621028243970633760768}$ $\frac{1}{83076749736557242056487941267521536}$ $\frac{1}{166153499473114484112975882535043072}$ $\frac{1}{332306998946228968225951765070086144}$ $\frac{1}{664613997892457936451903530140172288}$ $\frac{1}{1329227995784915872903807060280344576}$ $\frac{1}{2658455991569831745807614120560689152}$ $\frac{1}{5316911983139663491615228241121378304}$ $\frac{1}{10633823966279326983230456482242756608}$ $\frac{1}{21267647932558653966460912964485513216}$ $\frac{1}{42535295865117307932921825928971026432}$ $\frac{1}{85070591730234615865843651857942052864}$ $\frac{1}{170141183460469231731687303715884105728}$ $\frac{1}{340282366920938463463374607431768211456}$ $\frac{1}{680564733841876926926749214863536422912}$ $\frac{1}{1361129467683753853853498429727072845824}$ $\frac{1}{2722258935367507707706996859454145691648}$ $\frac{1}{5444517870735015415413993718908291383296}$ $\frac{1}{10889035741470030830827987437816582766592}$ $\frac{1}{21778071482940061661655974875633165533184}$ $\frac{1}{43556142965880123323311949751266331066368}$ $\frac{1}{87112285931760246646623899502532662132736}$ $\frac{1}{174224571863520493293247799005065324265472}$ $\frac{1}{348449143727040986586495598010130648530944}$ $\frac{1}{696898287454081973172991196020261297061888}$ $\frac{1}{1393796574908163946345982392040522594123776}$ $\frac{1}{2787593149816327892691964784081045188247552}$ $\frac{1}{5575186299632655785383929568162090376495104}$ $\frac{1}{11150372599265311570767859136324180752990208}$ $\frac{1}{22300745198530623141535718272648361505980416}$ $\frac{1}{44601490397061246283071436545296723011960832}$ $\frac{1}{89202980794122492566142873090593446023921664}$ $\frac{1}{178405961588244985132285746181186892047843328}$ $\frac{1}{356811923176489970264571492362373784095686656}$ $\frac{1}{713623846352979940529142984724747568191373312}$ $\frac{1}{1427247692705959881058285969449495136382746624}$ $\frac{1}{2854495385411919762116571938898990272765493248}$ $\frac{1}{5708990770823839524233143877797980545530986496}$ $\frac{1}{11417981541647679048466287755595961091061972992}$ $\frac{1}{22835963083295358096932575511191922182123945984}$ $\frac{1}{45671926166590716193865151022383844364247891968}$ $\frac{1}{91343852333181432387730302044767688728495783936}$ $\frac{1}{182687704666362864775460604089535377456991567872}$ $\frac{1}{365375409332725729550921208179070754913983135744}$ $\frac{1}{730750818665451459101842416358141509827966271488}$ $\frac{1}{1461501637330902918203684832716283019655932542976}$ $\frac{1}{2923003274661805836407369665432566039311865085952}$ $\frac{1}{5846006549323611672814739330865132078623730171904}$ $\frac{1}{11692013098647223345629478661730264157247460343808}$ $\frac{1}{23384026197294446691258957323460528314494920687616}$ $\frac{1}{46768052394588893382517914646921056628989841375232}$ $\frac{1}{93536104789177786765035829293842113257979682750464}$ $\frac{1}{187072209578355573530071658587684226515959365500928}$ $\frac{1}{374144419156711147060143317175368453031918731001856}$ $\frac{1}{748288838313422294120286634350736906063837462003712}$ $\frac{1}{1496577676626844588240573268701473812127674924007424}$ $\frac{1}{2993155353253689176481146537402947624255349848014848}$ $\frac{1}{5986310706507378352962293074805895248510699696029696}$ $\frac{1}{11972621413014756705924586149611790497021399392059392}$ $\frac{1}{23945242826029513411849172299223580994042798784118784}$ $\frac{1}{47890485652059026823698344598447161988085597568237568}$ $\frac{1}{95780971304118053647396689196894323976171195136475136}$ $\frac{1}{191561942608236107294793378393788647952342390272950272}$ $\frac{1}{383123885216472214589586756787577295904684780545900544}$ $\frac{1}{766247770432944429179173513575154591809369561091801088}$ $\frac{1}{1532495540865888858358347027150309183618739122183602176}$ $\frac{1}{3064991081731777716716694054300618367237478244367204352}$ $\frac{1}{6129982163463555433433388108601236734474956488734408704}$ $\frac{1}{12259964326927110866866776217202473468949912977468817408}$ $\frac{1}{24519928653854221733733552434404946937899825954937634816}$ $\frac{1}{49039857307708443467467104868809893875799651909875269632}$ $\frac{1}{98079714615416886934934209737619787751599303819750539264}$ $\frac{1}{196159429230833773869868419475239575503198607639501078528}$ $\frac{1}{392318858461667547739736838950479151006397215279002157056}$ $\frac{1}{784637716923335095479473677900958302012794430558004314112}$ $\frac{1}{1569275433846670190958947355801916604025588861116008628224}$ $\frac{1}{3138550867693340381917894711603833208051177722232017256448}$ $\frac{1}{6277101735386680763835789423207666416102355444464034512896}$ $\frac{1}{12554203470773361527671578846415332832204710888928069025792}$ $\frac{1}{25108406941546723055343157692830665664409421777856138051584}$ $\frac{1}{50216813883093446110686315385661331328818843555712276103168}$ $\frac{1}{100433627766186892221372630771322662657637687111424552206336}$ $\frac{1}{200867255532373784442745261542645325315275374222849104412672}$ $\frac{1}{401734511064747568885490523085290650630550748445698208825344}$ $\frac{1}{803469022129495137770981046170581301261101496891396417650688}$ $\frac{1}{1606938044258990275541962092341162602522202993782792835301376}$ $\frac{1}{3213876088517980551083924184682325205044405987565585670602752}$ $\frac{1}{6427752177035961102167848369364650410088811975131171341205504}$ $\frac{1}{12855504354071922204335696738729300820177623950262342682411008}$ $\frac{1}{25711008708143844408671393477458601640355247900524685364822016}$ $\frac{1}{51422017416287688817342786954917203280710495801049370729644032}$ $\frac{1}{102844034832575377634685573909834406561420991602098741459288064}$ $\frac{1}{205688069665150755269371147819668813122841983204197482918576128}$ $\frac{1}{411376139330301510538742295639337626245683966408394965837152256}$ $\frac{1}{822752278660603021077484591278675252491367932816789931674304512}$ $\frac{1}{1645504557321206042154969182557350504982735865633579863348609024}$ $\frac{1}{3291009114642412084309938365114701009965471731267159726697218048}$ $\frac{1}{6582018229284824168619876730229402019930943462534319453394436096}$ $\frac{1}{13164036458569648337239753460458804039861886925068638906788872192}$ $\frac{1}{26328072917139296674479506920917608079723773850137277813577744384}$ $\frac{1}{52656145834278593348959013841835216159447547700274555627155488768}$ $\frac{1}{105312291668557186697918027683670432318895095400549111254310977536}$ $\frac{1}{210624583337114373395836055367340864637790190801098222508621955072}$ $\frac{1}{421249166674228746791672110734681729275580381602196445017243910144}$ $\frac{1}{842498333348457493583344221469363458551160763204392890034487820288}$ $\frac{1}{1684996666696914987166688442938726917102321526408785780068975640576}$ $\frac{1}{3369993333393829974333376885877453834204643052817571560137951281152}$ $\frac{1}{6739986666787659948666753771754907668409286105635143120275902562304}$ $\frac{1}{13479973333575319897333507543509815336818572211270286240551805124608}$ $\frac{1}{26959946667150639794667015087019630673637144422540572481103610249216}$ $\frac{1}{53919893334301279589334030174039261347274288845081144962207220498432}$ $\frac{1}{107839786668602559178668060348078522694548577690162289924414440996864}$ $\frac{1}{215679573337205118357336120696157045389097155380324579848828881993728}$ $\frac{1}{431359146674410236714672241392314090778194310760649159697657763987456}$ $\frac{1}{862718293348820473429344482784628181556388621521298319395315527974912}$ $\frac{1}{1725436586697640946858688965569256363112777243042596638790631055949824}$ $\frac{1}{3450873173395281893717377931138512726225554486085193277581262111899648}$ $\frac{1}{6901746346790563787434755862277025452451108972170386555162524223799296}$ $\frac{1}{13803492693581127574869511724554050904902217944340773110325048447598592}$ $\frac{1}{27606985387162255149739023449108101809804435888681546220650096895197184}$ $\frac{1}{55213970774324510299478046898216203619608871777363092441300193790394368}$ $\frac{1}{110427941548649020598956093796432407239217743554726184882600387580788736}$ $\frac{1}{220855883097298041197912187592864814478435487109452369765200775161577472}$ $\frac{1}{441711766194596082395824375185729628956870974218904739530401550323154944}$ $\frac{1}{883423532389192164791648750371459257913741948437809479060803100646309888}$ $\frac{1}{1766847064778384329583297500742918515827483896875618958121606201292619776}$ $\frac{1}{3533694129556768659166595001485837031654967793751237916243212402585239552}$ $\frac{1}{7067388259113537318333190002971674063309935587502475832486424805170479104}$ $\frac{1}{14134776518227074636666380005943348126619871175004951664972849610340958208}$ $\frac{1}{28269553036454149273332760011886696253239742350009903329945699220681916416}$

ل = ل = ل ، ق = ق = ق
وبالنسبة للأربع فتحات تكون مقادير عزيم الاغناء على نقط الارتكاز هي

$$ع = ع = ع = ع$$

ولا يوجد حينئذ سوى مجهولين وكيفي وجود المعادلتين

$$(1) \dots\dots\dots ١٢ = ع ل ٨ + ع ل ١٦$$

$$(2) \dots\dots\dots ١٢ = ع ل ١٦ + ع ل ٨$$

لكن معادلة (١) تقول الى

$$٢ = ع ل ٨ + ع ل ١٦$$

وبطرح هذه المعادلة من معادلة (٢) يحدث

$$٢ = ع ل ١٦$$

$$\frac{١}{١٦} = ع$$

وحينئذ يكون

$$\frac{١٣}{٢٨} = \frac{٢٤}{٢٨} = \frac{\frac{١}{١٦} - ١٢}{١٦} = ع$$

أو

$$\frac{٣}{٢٨} = \frac{٣}{٢٨} = ع$$

وبناء على هذه المعادلة يكون

$$\frac{٤}{٢٨} = \frac{٣}{١٦} = ع$$

وهذا يؤدي الى النتائج الموضحة بالشكل ٣٨ بالنسبة للأربع فتحات

ويلزم الحصول على الخصوص على الاحمال

القاطعة لتعيين ردود افعال نقط

الارتكاز لكن بالنسبة لنقطة حينما

انفقت يكون بالنسبة للفتحة الاولى

$$ع = ع + \frac{٣}{٢٨} (٤ - ع) + \frac{١}{١٦} ق - \frac{١}{٢٨} ق$$

ومن هذه المعادلة بأخذ المشتقة برتبة

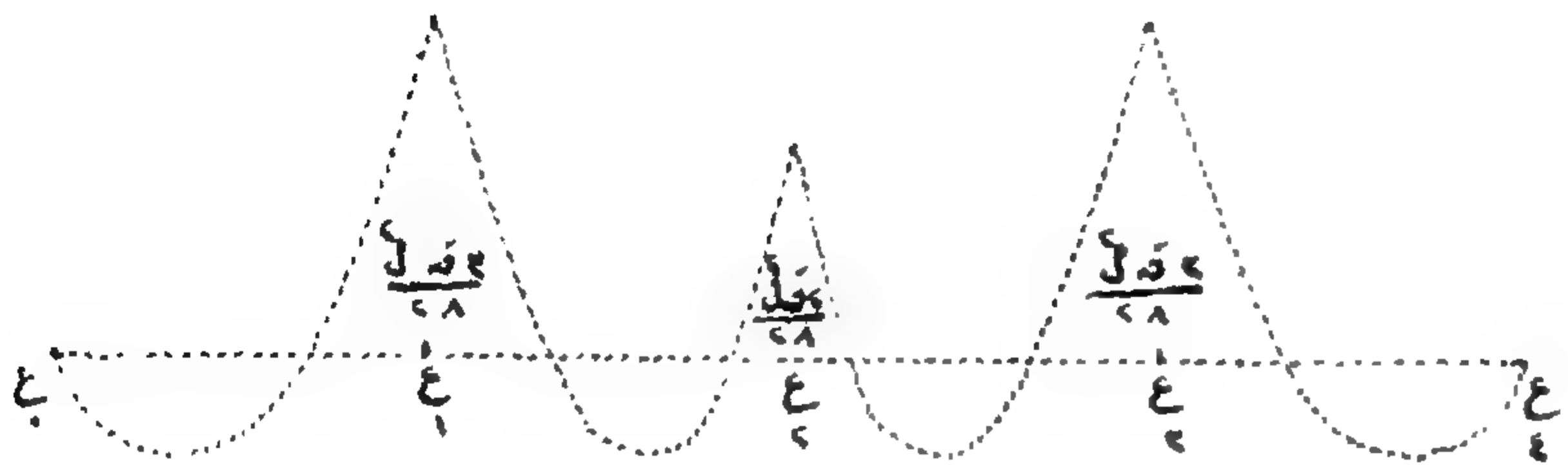
اولى يحدث مقدار الحمل القاطع ح مبينا بالمعادلة

$$ح = \frac{ق}{٤} - \frac{٤ - ع}{٢٨} - ق$$

بعد تغيير اشارة العرفيت

ومن هذه المعادلة بالنسبة لمبدأ الفتحة الذي فيه س = . يحدث

$$ح = \frac{ق}{٤} - \frac{٤ - ع}{٢٨}$$



ش ٣٨

وبالنسبة للنهاية الثانية للفتحة التي فيها س = ل يكون
 $\text{ح} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} - \frac{\text{ع - ع}}{\text{ل}} - \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} - \frac{\text{ع - ع}}{\text{ل}} - \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 والكمية $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \text{ب}$ داخله في الحساب بالنسبة لجميع الفتحات وحينئذ
 فبالنسبة للفتحة الأولى يكون $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ع - ع}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 وبالنسبة للفتحة الثانية $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ع - ع}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 وبالنسبة للفتحة الثالثة $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ع - ع}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 وبالنسبة للفتحة الرابعة $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ع - ع}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 وحينئذ يكون —

ببالنسبة للفتحة الأولى } $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} - \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 وبالنسبة للفتحة الثانية } $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} + \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 وبالنسبة للفتحة الثالثة } $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} - \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 وبالنسبة للفتحة الرابعة } $\frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} + \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}}$
 ومن هذه المقادير نستنتج المقادير المطلقة لردود الأفعال على نقط الارتكاز وهي

$$\begin{aligned} \text{ل} &= \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \text{ح} \\ \text{ل} &= \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} + \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \text{ح} \\ \text{ل} &= \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} + \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \text{ح} \\ \text{ل} &= \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} + \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \text{ح} \\ \text{ل} &= \frac{\text{ق د ل}}{\text{ل}} = \text{ح} \end{aligned}$$

في الاقواس الخشبية والمعدنية

المعادلات الأساسية

مقدمة

القوس عتب طبيعي منحني انحناءه متجه الى أعلى ونهايته مثبتتان تثبيتاً هوائياً في نقطتي ارتكازها
 ومسألة مقاومة الاقواس كانت دائماً معتبرة من المسائل الصعبة جداً لمقاومة المواد وذلك لأنه بسبب
 شكل الاقواس وطرق ربطها يكون جزء من تغير شكل تلك الاقواس معدوماً بآثاره كتنفي الارتكاز أو
 بالأحرى

أو بالأحرى بسبب أن تلك الأقسام تكون متأثرة برودود أفعال مجهولة ناتجة من الكتلتين المذكورتين التي يلزم أن يكون تعيينها ضروريا من مبدأ الأمر

والنظرية الابتدائية التي سنشرحها تحل المسألة بطريقة بسيطة جدا وتبقي كاف في العمل وهي تحصر بمقاومة الأقسام التي قطاعها ثابت وأطرافها مفصلية وهذا التركيب هو المقبول عقلا والمستعمل على العموم وهالك بيان السيد العمومي المتبع في هذه الحالة

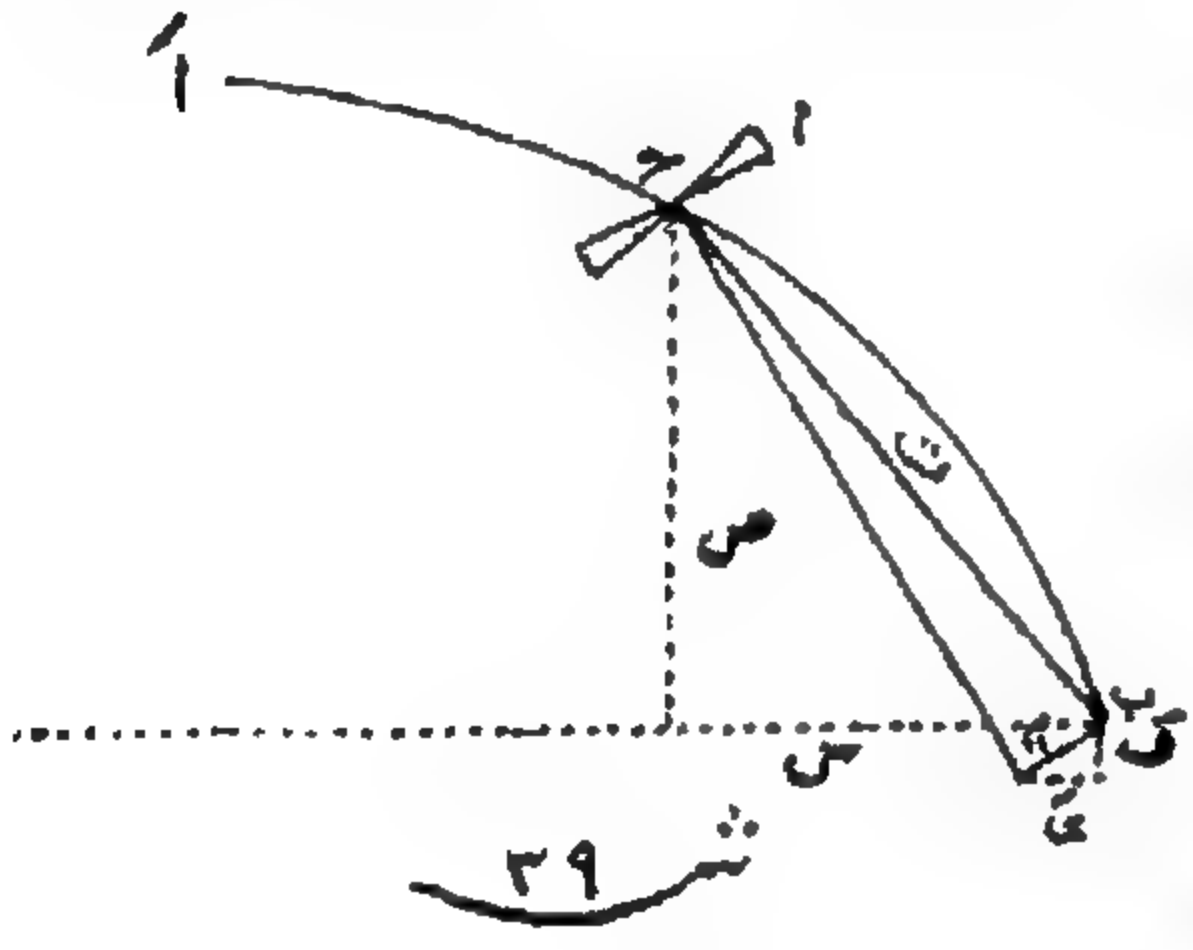
فإذا فرضت قطعة منحنية مثبتة من أحد طرفيها ومطلقة من الطرف الآخر فإنه يمكن تعيين الانتقال الكلي للنهائية المطلقة بسهولة كما أجرينا ذلك بالنسبة للقطع المستقيمة أو الأصوب تعيين المركبات الأفقية والرأسية للانتقال المذكور الناتجة من شدد معينة تعيينا تاما في جميع نقط القطعة

وكذا يمكن على العموم كما في حجت مستقيم اعتبار طرفي القوس مطلقين بتعويض نقطتي الارتكاز بردي الفعلين الناتجين منها وبعبارة أخرى يمكن تطبيق القوانين السابقة على حالة انتقالات نهائيتي قوس بدلالة الحمل الواقع عليه وبدلالة ردي الفعلين المجهولين لنقطتي الارتكاز

إذا تقرر هذا يقال على وجه العموم أنه مهما كان التغير الكلي الحاصل لقوس طرفاه مثبتان بدون تغيير فإن الانتقالات الأفقية لطرفيه المذكورين تكون معدومة وباعتبار هذا الشرط في القوانين يستنتج منها المركبات المجهولة لرودود الأفعال بسهولة ويكون حينئذ قد صار حل جزء عظيم من المسألة

قوانين الانتقالات

إذا فرض أن AB شكل قطعة مثبتة في A وأن نقطتها المختلفة متأثرة بشدد معينة MA, MA', \dots الخ فبناء على هذه الشدد يكون كل من القطاعات المختلفة للنشور المذكور متأثرًا بانثناء أو بدوران جزئي به يتعين دوران الوتر المقابل له المساوي هذا الدوران للدوران الأول أعني بعد مركز ثقل القطاع المذكور عن الطرف المطلق للقطعة المفروضة



وحينئذ إذا أخذ عنصر حيثما اتفق h طوله مساو للوحدة ورمز بحرف θ الاستطالة أو انكماش الخيوط الأبعد ما يمكن عن محور الحمل فإنه على وجه العموم يكون

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{h}{r}$$

وهذا التغير يعين انتقالا محددًا جيدًا θ لطرف القطعة وهذا الانتقال مرتبط مع التغير المذكور

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{h}{r}$$

الذي فيه t رمز لطول وتر القوس h رمز الارتفاع الكلي للقطاع المفروض أنه منتظم ومن هذا القانون بناء على القانون السابق يحدث

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{h}{r}$$

وبتحليل الانتقال θ المذكور إلى مركبتين أحدهما أفقية θ_x والآخرى رأسية θ_y واعتبار θ عموديا

موازية للمماس للقرس في نقطة معينة منه ودرنا بحرف ش للمجموع الجبري للمركبات الأخيرة المذكورة وبحرف ع لعزم انحناء القطاع المقابل لها فإن الشدة م للقطاع المذكور تكون معينة بالقانون

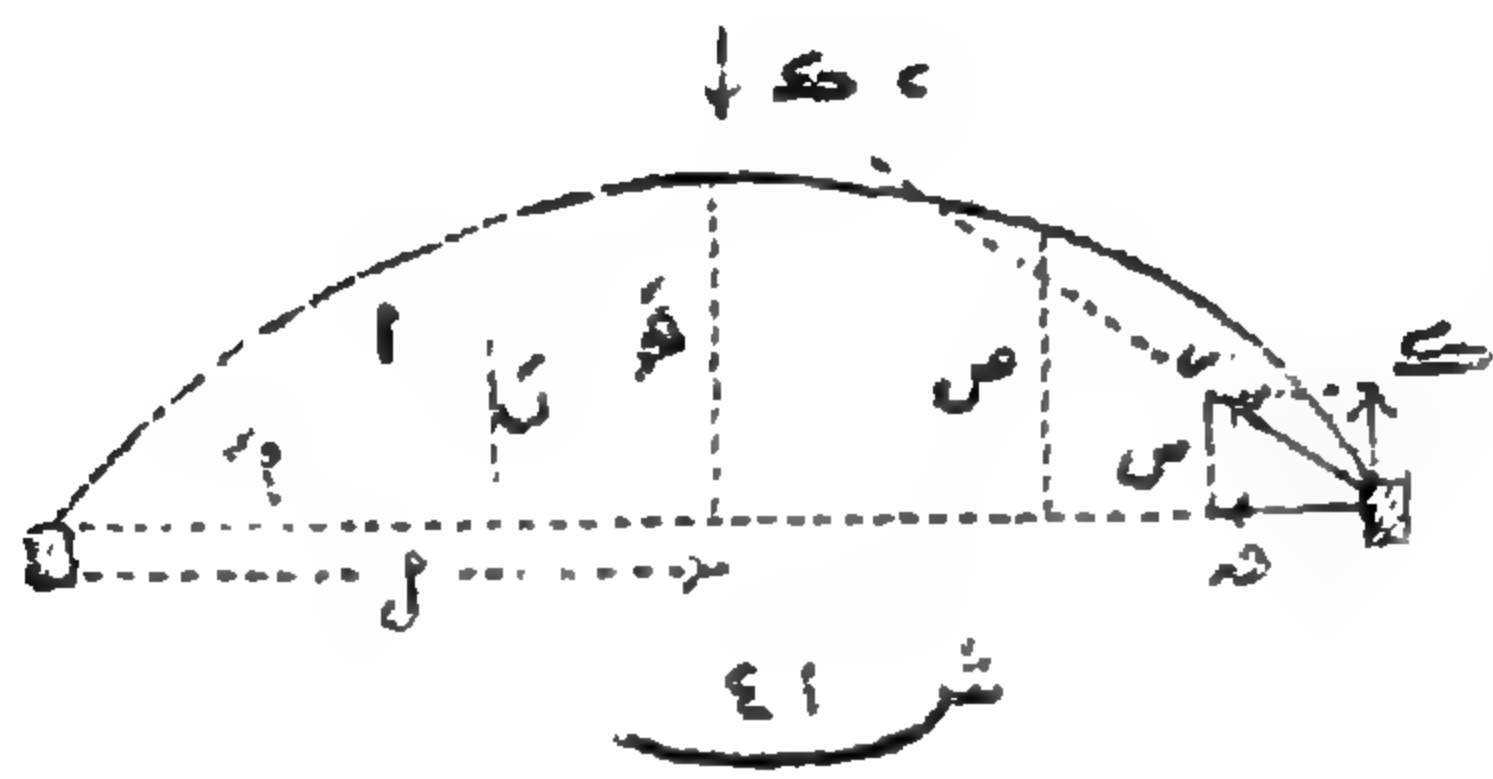
$$م = \frac{ش}{د} + \frac{ع}{د}$$

الذي فيه ب و م مساحة القطاع المذكور بأد = $\frac{ش}{د}$

ويجب أخيراً مراعاة مقاومة الاقواس لمقاومة قطع قائمة محملة أعني أنه يلزم تحديد شدة الاقواس على فرض اعتبارها مستقيمة ولا تتثنى بتأثير حمل الضغط الواقع عليها لأنه بخلاف ذلك تغير تغيرات شكل القوس عظيمة جداً والاستدامة تكون مخطئة

الحمل واقع في الوسط
قوسين فيما اتفق

إذا فرض قوس سعته $د$ وارتفاعه $هـ$ شكله $ك$ يحمل بثقل قدس $ك$ في قمته فإنه بناء على ما تقدم يحدث كل من نقطتي الارتكاز رد فعل رأسى مساو الى $ك$ نصف الحمل الكلى ورد فعل أفقى مجهول عبارة عن الدفع ولزمنه بحرف $و$



وباعتبار أن القوس مثبت من قمته بتأثير الحمل وتأثير رد الفعلين الواقعين في أحد طرفيه فإن الشدة م أى المقاومة في أي نقطة احداثياتها $ص$ $س$ بالنسبة للنهية الأخرى تكون معينة من المعادلة

$$م د = ك س - و ص$$

وبالمثل الشدة م في نقطة أخرى احداثياتها $ص$ $س$ تتعين من المعادلة

$$م د = ك س - و ص \quad \text{وهكذا}$$

وبوضع مقادير الشد المستخرجة من المعادلات المذكورة في القانون العمومى لتباعد الاقواس فإنه يحدث على التوالى

$$ي = \frac{ع}{دوه} [(ك س - و ص) + (ك س - و ص) + \dots]$$

$$\text{ويجعل } \frac{ع}{دوه} = م \text{ يكون}$$

$$ي = م [(ك س + س ص - \dots) - (ص + ص + \dots)] \quad \text{أو}$$

$$ي = م (ك مح س ص - و مح ص)$$

ونفرض هنا حصول الثبيت المطلق لنفطلق الارتكاز وحينئذ يلزم أن يكون $ي = 0$ ويحدث

$$ك مح س ص = و مح ص$$

إذا تقرر هذا واعتبرنا أن الاحداثيات الرأسية كاجزاء سطحية يمكنها ثابت فإن مح س ص يدل على عزم سعة نصف القطعة التي يحددها القوس بالنسبة لنقطة الارتكاز الأقرب وأن مح ص الذى يمكن

وضعه بهذه الصورة c محص x $\frac{1}{2}$ ص يدل على ضعف عزم السعة المذكورة بالنسبة لمخط المبدأ
وحيث أن a مركز ثقل القطعة المذكورة وجب في a م a لاحتياثي مركز ثقلها بالنسبة
لنقطة ارتكازها يحدث

$$ك ا = c = a$$
 ومنها يحدث

$$\frac{1}{2} = \frac{c}{a}$$

أعني أن النسبة بين الدفع والحمل على كل من نقطتي الارتكاز تساوي نصف النسبة بين الأحمال
الافقي والاحداثي الرأسى لمركز ثقل نصف القطعة المكونة من القوس بالنسبة لنقطة الارتكاز المقابلة
لها ويرى حينئذ أن تعيين الدفع في هذه الحالة يؤول إلى تعيين مركز ثقل سطح وهو مسألة سهلة الحمل
بقواعد علم الميكانيكا الابتدائية

(*) القوس المكافئ

بالنسبة لقوس قطع مكافئ يكون

$$ا = \frac{1}{2} ل$$

$$ب = \frac{1}{2} ك$$

ومنها يحدث

وعدم الاختلاف في أي نقطة احداثياتها s a يتعين في هذه الحالة من الارتباط

$$ع = م = د = ك (س - \frac{1}{2} ك)$$

وهذا العزم يكون معدوماً بالنسبة للنقطة التي فيها

$$س = \frac{1}{2} ك$$

وهي النقطة التي تقابل فيها المحصلة s لردى الفعلين a $ك$ القوس المفروض

وقد يوجد عزم مقدار s نهاية عظمى بين هذه النقطة ونهاية القوس وعزم آخر مقدار s نهاية عظمى في قمة
القوس انتهى في نقطة تأثير الحمل ومقدار كل من هذين العزمين هو

$$ع = \frac{1}{2} ك ل$$

(*)

$$ع = \frac{1}{2} ك ل$$

(***)

وعلى كل حال فإنه يسهل تعيين كل من العزمين المذكورين مباشرة برسم المحصلة s

وأما من جهة السهم فإنه صغير جداً دائماً ومقداره في هذه الحالة هو

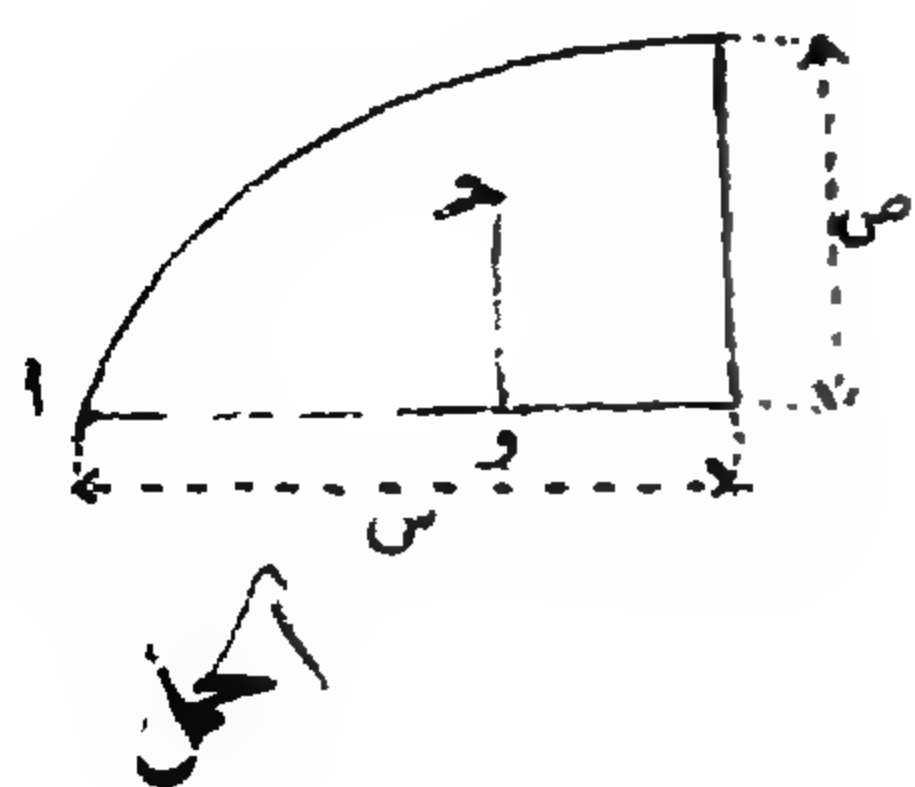
$$ف = \frac{1}{2} ك ل$$

(*) مركز ثقل قطعة محصورة بين قوس مكافئ وبين رأسى وافقى يتعين كما يأتي

$$و = \frac{3}{8} س$$

$$ح = \frac{3}{8} س$$

$$والمساحة = \frac{2}{3} س$$

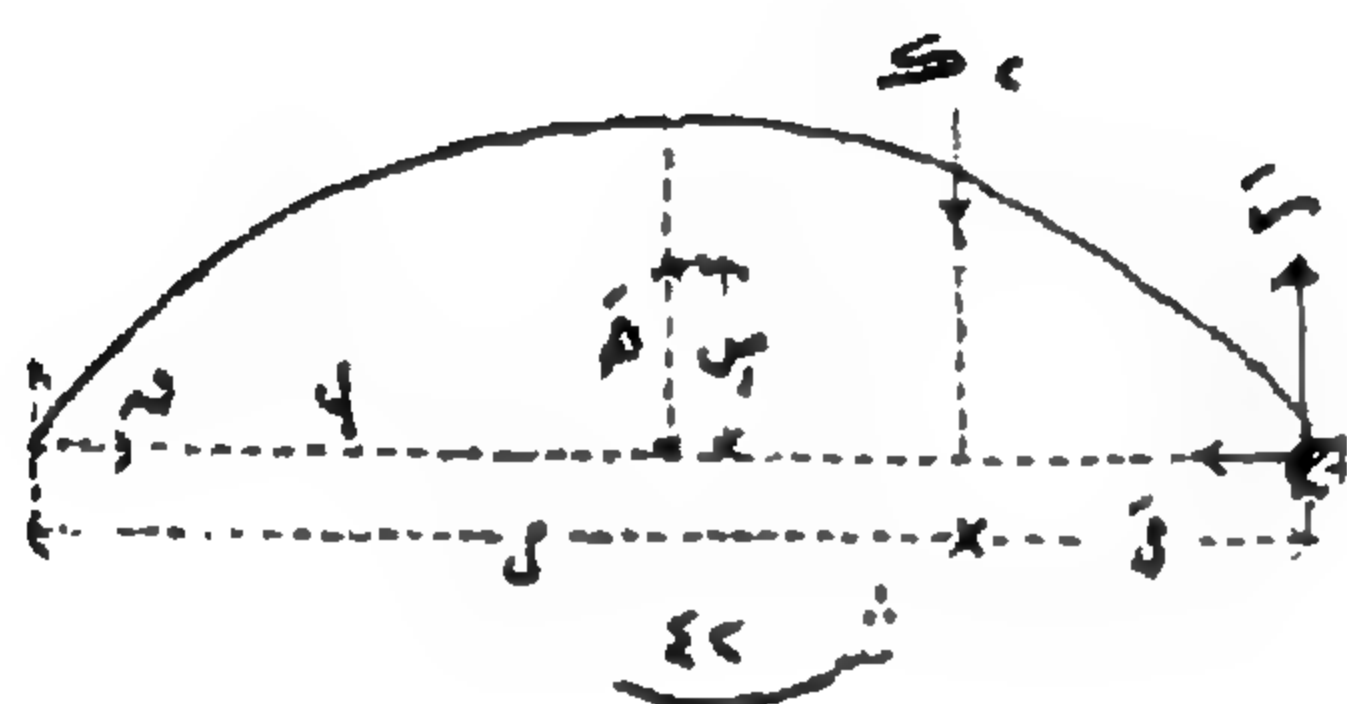


$$\cdot = \bar{y} + y$$

فأذا رمز بالرمز β للمساحة الكلية للقطعة المكونة من القوس شكل ϵ وبالرمز γ لارتفاع مركز نقل القطعة المذكورة عن مستوى المبدأ وبالرمز α لمساحتي القطعتين الواقعين في جهتي المحل المفروض وبالرمز λ للأحداثين الأفقيين لمركز ثقلها بالنسبة لنقطتي الارتكاز المجاورين لهما فإن الشرط السابق يُعَدُّ إلى المعادلة

۴۰ پیسہ = ۲۱ روپے + ۱۹ روپے

وأما من جهة الحلين الواقعين في نقطتي الارتكاز فانهما يتعيان
من المعادلتين



$$\leq \frac{J}{J} = 1 \leq \frac{J}{J} = 1$$

بعد ملاحظة أن ϵ هي زمالة القوس ϵ \in زمالة
ففي حالة ما يكون القوس قطعاً كافياً لوجود ما لسهولة أن

$$\left[\frac{3J+J}{J} \cdot \frac{1}{2} - \left(\frac{J}{J} + \frac{J}{J} \right) \cdot \frac{c}{4} \right] \frac{J}{J} \cdot \frac{10}{17} = \frac{2}{5}$$

(*)

لأثبت معادلة $e = \frac{1}{p}$ كل نضع فرضاً للبورة $1 = \text{الكمية الثابتة}$

هـ ف = و

معادلة القطع المكافئ بالنسبة للمحورين S_1 و S_2 هي $S_1^2 = 4a^2$ ولكن

مَ = ل - س مَ = ص هَ = ص فیکون

(د-س) = ۹۴ (ه-ص)

وَسَاءٌ عَلَى كُونٍ ۝ = نَہِی = هَ + ۱ = یَكُونُ

$$(1+x) = 1 + (1-x) \text{ ومنها } \frac{1}{1-x} = 1 + (1-x) + (1-x)^2 + \dots$$

$$(ل-س) = \frac{س}{p} \quad (هـ-ص) \text{ ومن هذه المعادلة } \frac{هـ(ل-س-س)}{س} =$$

وبالموضع في معادلة العزم يحدث $E = [S - \frac{S_0}{L}] (L - S)$ أو $E = \frac{S}{L} (S - S_0)$ (١)

وإِذَا أَخَذَ الْمُشْتَقَّ وَمِثْلَهَا بِصِفَرٍ يَحْدُثُ ٥٠ هـ - ١٨ ل = . وَنَهْجًا يَحْدُثُ ٥٠ هـ - ١٨ ل = $\frac{18}{9} = 2$ ل

وبالوضع في معادلة (1) نجد $E = \frac{K}{\frac{1}{\frac{1}{50}} - \frac{1}{\frac{1}{50} \times \frac{1}{50}}} = 9 \times 18$ أو

-ع= $\frac{\lambda_1}{\lambda_{\text{cos } 34^\circ}}$ كل أو -ع= $\frac{\lambda_1}{\lambda_{\text{cos } 34^\circ}}$ كل وهو المطلوب

وحينئذ فغزوا الاختاء لنقطة احداياها ماص بالنسبة لأحد الطرفين يكون مبينا بالمعادلة العمومية

العمومية للتباعد وجعل المعادلة المذكورة مساوية للصفر نحصل

فإذا رُمى أيضا بالرُمى المسعة نصف القطعة المكونة من القوس وبالرُمى ١٢٠ لا يحدث مركز ثقلها عند
محس = ٢٢٠ ، محس ص = ٢١

$$\frac{1}{2} \times \frac{5}{7} \times 14 = \frac{1}{2} \times 10 = 5 \text{ (ص)}$$

محس (س ص) = ۱۱

وعلى ذلك يكون $\frac{1}{c} = \frac{k}{v} \times \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \times \frac{c}{v} = \frac{1}{\lambda} \times \frac{1}{f} = \frac{1}{\lambda f}$

$$\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{6} - 1\right) \frac{1}{2} \frac{1}{3} = -\frac{2}{5}$$

لا ثبات معادلة $E = \frac{V}{\frac{4}{3}\pi r^3} \times \frac{4}{3}\pi r^3$ كذا فنقول $E = K \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right)$ ثم يقال أن النهاية العظمى إلى E عين النهاية العظمى إلى K أو S ولكن النهاية العظمى إلى S هي L

$$e = (1 - \frac{1}{n}) \text{ أو}$$

الموت

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

وہیاء علی ذلک یحدث

وبالنسبة لقوس قطع مكافئ إذا أخذ المقدار التقريبي السابق يكون

$$5 \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{5} = 2$$

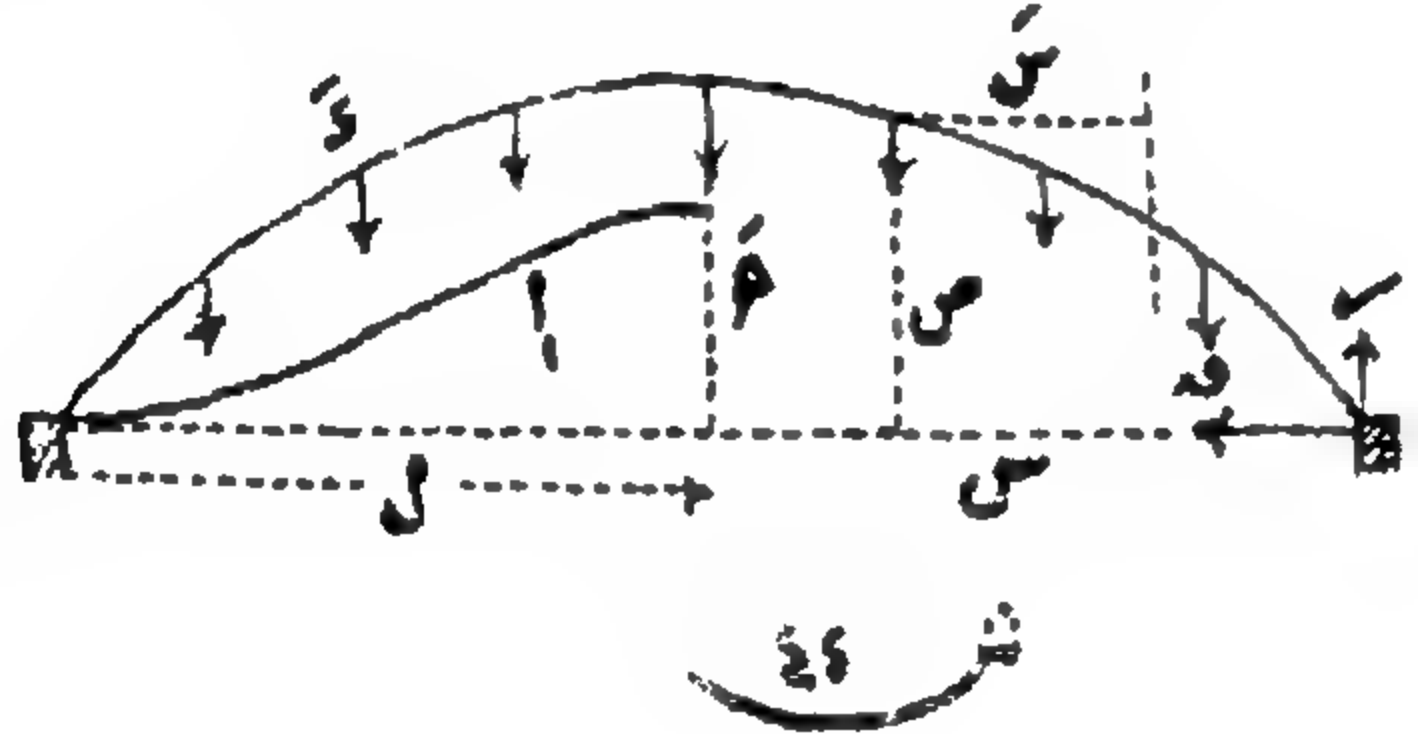
وهو مقدار مضبوط للدفع في الحالة المفروضة

فإذا وضع هذا المقدار في القانون الأصلي للمقاومة يرى أن عزم الانحناء في كل نقطة من القوس يكون محدودا
وبعبارة أخرى يقال أن القوس لا يتجاوز الاحمال منقوطة وفي هذه الحالة يمكن اعتبارها مشابهة لجزير يقوَّب مفروضا صلبا لنقطة معلومة
وفي هذه الشروط يرى بالسهولة أن الضغط في قمة القوس يساوي المدافعه W وأما من جهة الضغط الأعظم
في المبدئين فإن مقداره

$$\sqrt{5 + i} = i$$

الحمل موزع انتظام على القوس

اذا فرض ان \angle الحمل بالنسبة لوحدة الطول وان θ جزء من القوس محسوبا من أحد الطرفين الى قطاع احدائيا
 مركز قنطرة S وان θ البعد بين مركز الثقل المذكور وبين الرأسى المار بمتوسط القوس المحزفي
 المفروض وفرضنا أخيرا ان $\angle = \angle$ هو الحمل الواقع على نصف
 القوس ويكون



نہ محض = ک [۷ ص - ۷ (۶ ص) س]

وإذا انقضا من كل نقطة الأحداثيات الرأسية المناسبة الى
 ٢٢ ص فإن هذه الاحداثيات تحدد مساحة التي

بالسهولة يمكن حساب نسبتها الى المساحة ٢ لنصف قطعة العويس وحينئذ بنا، على الرموز السابقة يكون

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{1}$$

مسألة - المطلوب تعيين قطاع قوس مكافئ من الخشب سعة ٢٠ متر وزاوية فمته ٦٠° وارتفاع قطاعه المنطلي يلزم أن يكون ضعف قاعدته وأن الحمل الموزع بانتظام على الارتفاع مقداره ٥٠٠ كيلو جرام بالنسبة للمتر الطولي وأن الشدة محددة على اعتبار $\frac{1}{3}$ معامل المقاومة وهو ٨٠ كيلو جرام على السنتيمتر المربع

لذلك يقال حيث ان زاوية فتحة العنق ٦٠ فنصف قطر يساوي سمته وسهه او ارتفاعه يكون ٣٤ ان من نصف قطر اي ٢٨ متر وعينئذ يكون مقدار الدفع الافقي هو

$$t = \sqrt{v^2 + c^2} = 1.000 \text{ كيلوجرام تقريباً}$$

المقدارين المحدثين للفرضين الآتين

أولاً - الحساب بالضغط خاصة

القطاع = شكله = ٥ = ٥ = $\frac{٥}{٢} = \frac{٥}{٢} = \frac{١٠٠٠}{٨٠} = ١,٢٥$ أوان ٥ = سنته مربع

ثانياً بالإنشاء أى الإخفاء (القطعة قائمة وحيدة)

$$\frac{\text{دولت}}{\text{دولت}} \times \frac{6}{0} \times \frac{5}{0} = 2 \quad (*)$$

ومنها بملاحظة أن الطول الكلي للقرص مساو الى ٠.٤٧٢ مرة لضف القطر اي ٠.٩٤٤ متر

$$\frac{1 \dots (c.q.)(\xi) c_0}{0. \times \xi \wedge} = \frac{\xi p}{1c} = p \int$$

محدث

هـ = ۱۶۵۶ سنة مریع

و منها یجدت

وحيث أنه يلزم اتخاذ هذا المقدار الأخير وسيستج منه أن

۶ = ۶۰۶ میلادی

$$5.4 = 2$$

في المجموعات المعشقة

يقال للجرحين الصليبين متعاقبين تشبيهاً مفصلياً متى لم يكن أن يأخذ أحدهما حول الآخر سوى حركات

دورانية حول نقطة مشتركة بينهما بحيث تكون تلك الحركات غير متغيرة في كل منهما

وهذه النقطة المشتركة تسمى بمركز التعشيق المفصلی ويقال للتعشيق المذكور كروى حيث انه يمكن حصول

الدوران حول محور حيثما اتفق مار بالנקطة المعلومة

(*) ذ = $\frac{c}{s} = \frac{c}{\frac{c}{h}} = h$ وذل لمعامل المرونة وهو يساوى $\frac{1}{9}$ بالنسبة للخب وبالنسبة للمربع قانون القوائم على العمود مهما كان جنس مادتها ومهما كان قطاعها متى كانت مفصليّة من الطرفين مثل الأقواس

هو

$$\frac{\text{زوہ}}{۴۵} \times \frac{۴۴}{۵} = ۷$$

وفي هذا القانون ١٠ رمز للحمل الواقع على الحامل من اهلا مقدرا بالكل جرام ١١ رمز لطول القائم

ما هو رمز لارتفاع القطاع ، و رمز لمعامل المرونة ما ذ يساوى $\frac{E}{3}$ أو $\frac{E}{2}$

$$\frac{\Delta C}{\Phi} = j$$

و ۷ رمز لعزم قصور القطاع

والمعشيق

والتعشيق المفضل الكروي قليل الاستعمال ولا يوجد له سوى مثل واحد وهو التعشيق ذو الركبة
والخلاف

وأما التعشيق المفضل الكثير الاستعمال فهو التعشيق الاسطوانى أو التعشيق ذو المفضلة فاجسام التعشيق
بمفضلة لا يمكن لأحدها أن يأخذ حول الآخر سوى حركة دورانية واحدة حول محور ثابت في كل منهما
ومن الواضح أنه إذا كان توازن جملة متعشقة حاصلًا في حالة التعشيق المفضل الكروي فإنه يكون بالأولى
حاصلًا إذا وضعت في مركز التعشيق مفضله حيث أن ذلك يرجع إلى فرض محور واحد ممكن حصول الحركة
حول

وأخيرًا فالتوازن يكون أيضًا محققًا جيدًا إذا فرض حصوله بدون احتكاك مطلقًا حيث أن احتكاك الأجسام
المتماسكة يقاوم القوى الصغيرة المعارضة التي يمكنها تحريك الأجسام المذكورة
واعتبار الجبل للتعشقة مفيد على الخصوص في إنشاء التجارة الخشبية أو المعدنية واستدانة المنشآت
ليزمن أن تكون حاصلة بدون مدخل للتعشيق ولا الاحتكاكات الناشئة منها حيث أن تلك التعشيق
واحتكاكاتهما ضعيفة جدًا وسريعة التغير ولا تقاوم بطريقة أكيدة وستمق قوة تميل لأحداث الدوران
وحيث أنه فيلزم اعتبار التعشيق كمفاصل تسمح فقط لحصول الحركات التي تأثيرها لا يفصل نقط الأجسام
الصلبة المجمعة مع بعضها بتلك المفاصل عن بعضها

فإذا فرض كما في شكل ٤٦ جملة أجسام متعشقة مع بعضها مثل ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤ ٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨ ٢٩ ٣٠ ٣١ ٣٢ ٣٣ ٣٤ ٣٥ ٣٦ ٣٧ ٣٨ ٣٩ ٤٠ ٤١ ٤٢ ٤٣ ٤٤ ٤٥ ٤٦ ٤٧ ٤٨ ٤٩ ٥٠ ٥١ ٥٢ ٥٣ ٥٤ ٥٥ ٥٦ ٥٧ ٥٨ ٥٩ ٦٠ ٦١ ٦٢ ٦٣ ٦٤ ٦٥ ٦٦ ٦٧ ٦٨ ٦٩ ٧٠ ٧١ ٧٢ ٧٣ ٧٤ ٧٥ ٧٦ ٧٧ ٧٨ ٧٩ ٨٠ ٨١ ٨٢ ٨٣ ٨٤ ٨٥ ٨٦ ٨٧ ٨٨ ٨٩ ٩٠ ٩١ ٩٢ ٩٣ ٩٤ ٩٥ ٩٦ ٩٧ ٩٨ ٩٩ ١٠٠ ١٠١ ١٠٢ ١٠٣ ١٠٤ ١٠٥ ١٠٦ ١٠٧ ١٠٨ ١٠٩ ١١٠ ١١١ ١١٢ ١١٣ ١١٤ ١١٥ ١١٦ ١١٧ ١١٨ ١١٩ ١٢٠ ١٢١ ١٢٢ ١٢٣ ١٢٤ ١٢٥ ١٢٦ ١٢٧ ١٢٨ ١٢٩ ١٣٠ ١٣١ ١٣٢ ١٣٣ ١٣٤ ١٣٥ ١٣٦ ١٣٧ ١٣٨ ١٣٩ ١٤٠ ١٤١ ١٤٢ ١٤٣ ١٤٤ ١٤٥ ١٤٦ ١٤٧ ١٤٨ ١٤٩ ١٥٠ ١٥١ ١٥٢ ١٥٣ ١٥٤ ١٥٥ ١٥٦ ١٥٧ ١٥٨ ١٥٩ ١٦٠ ١٦١ ١٦٢ ١٦٣ ١٦٤ ١٦٥ ١٦٦ ١٦٧ ١٦٨ ١٦٩ ١٧٠ ١٧١ ١٧٢ ١٧٣ ١٧٤ ١٧٥ ١٧٦ ١٧٧ ١٧٨ ١٧٩ ١٨٠ ١٨١ ١٨٢ ١٨٣ ١٨٤ ١٨٥ ١٨٦ ١٨٧ ١٨٨ ١٨٩ ١٩٠ ١٩١ ١٩٢ ١٩٣ ١٩٤ ١٩٥ ١٩٦ ١٩٧ ١٩٨ ١٩٩ ٢٠٠ ٢٠١ ٢٠٢ ٢٠٣ ٢٠٤ ٢٠٥ ٢٠٦ ٢٠٧ ٢٠٨ ٢٠٩ ٢١٠ ٢١١ ٢١٢ ٢١٣ ٢١٤ ٢١٥ ٢١٦ ٢١٧ ٢١٨ ٢١٩ ٢٢٠ ٢٢١ ٢٢٢ ٢٢٣ ٢٢٤ ٢٢٥ ٢٢٦ ٢٢٧ ٢٢٨ ٢٢٩ ٢٣٠ ٢٣١ ٢٣٢ ٢٣٣ ٢٣٤ ٢٣٥ ٢٣٦ ٢٣٧ ٢٣٨ ٢٣٩ ٢٤٠ ٢٤١ ٢٤٢ ٢٤٣ ٢٤٤ ٢٤٥ ٢٤٦ ٢٤٧ ٢٤٨ ٢٤٩ ٢٥٠ ٢٥١ ٢٥٢ ٢٥٣ ٢٥٤ ٢٥٥ ٢٥٦ ٢٥٧ ٢٥٨ ٢٥٩ ٢٦٠ ٢٦١ ٢٦٢ ٢٦٣ ٢٦٤ ٢٦٥ ٢٦٦ ٢٦٧ ٢٦٨ ٢٦٩ ٢٧٠ ٢٧١ ٢٧٢ ٢٧٣ ٢٧٤ ٢٧٥ ٢٧٦ ٢٧٧ ٢٧٨ ٢٧٩ ٢٨٠ ٢٨١ ٢٨٢ ٢٨٣ ٢٨٤ ٢٨٥ ٢٨٦ ٢٨٧ ٢٨٨ ٢٨٩ ٢٩٠ ٢٩١ ٢٩٢ ٢٩٣ ٢٩٤ ٢٩٥ ٢٩٦ ٢٩٧ ٢٩٨ ٢٩٩ ٣٠٠ ٣٠١ ٣٠٢ ٣٠٣ ٣٠٤ ٣٠٥ ٣٠٦ ٣٠٧ ٣٠٨ ٣٠٩ ٣١٠ ٣١١ ٣١٢ ٣١٣ ٣١٤ ٣١٥ ٣١٦ ٣١٧ ٣١٨ ٣١٩ ٣٢٠ ٣٢١ ٣٢٢ ٣٢٣ ٣٢٤ ٣٢٥ ٣٢٦ ٣٢٧ ٣٢٨ ٣٢٩ ٣٣٠ ٣٣١ ٣٣٢ ٣٣٣ ٣٣٤ ٣٣٥ ٣٣٦ ٣٣٧ ٣٣٨ ٣٣٩ ٣٤٠ ٣٤١ ٣٤٢ ٣٤٣ ٣٤٤ ٣٤٥ ٣٤٦ ٣٤٧ ٣٤٨ ٣٤٩ ٣٥٠ ٣٥١ ٣٥٢ ٣٥٣ ٣٥٤ ٣٥٥ ٣٥٦ ٣٥٧ ٣٥٨ ٣٥٩ ٣٦٠ ٣٦١ ٣٦٢ ٣٦٣ ٣٦٤ ٣٦٥ ٣٦٦ ٣٦٧ ٣٦٨ ٣٦٩ ٣٧٠ ٣٧١ ٣٧٢ ٣٧٣ ٣٧٤ ٣٧٥ ٣٧٦ ٣٧٧ ٣٧٨ ٣٧٩ ٣٨٠ ٣٨١ ٣٨٢ ٣٨٣ ٣٨٤ ٣٨٥ ٣٨٦ ٣٨٧ ٣٨٨ ٣٨٩ ٣٩٠ ٣٩١ ٣٩٢ ٣٩٣ ٣٩٤ ٣٩٥ ٣٩٦ ٣٩٧ ٣٩٨ ٣٩٩ ٤٠٠ ٤٠١ ٤٠٢ ٤٠٣ ٤٠٤ ٤٠٥ ٤٠٦ ٤٠٧ ٤٠٨ ٤٠٩ ٤١٠ ٤١١ ٤١٢ ٤١٣ ٤١٤ ٤١٥ ٤١٦ ٤١٧ ٤١٨ ٤١٩ ٤٢٠ ٤٢١ ٤٢٢ ٤٢٣ ٤٢٤ ٤٢٥ ٤٢٦ ٤٢٧ ٤٢٨ ٤٢٩ ٤٣٠ ٤٣١ ٤٣٢ ٤٣٣ ٤٣٤ ٤٣٥ ٤٣٦ ٤٣٧ ٤٣٨ ٤٣٩ ٤٤٠ ٤٤١ ٤٤٢ ٤٤٣ ٤٤٤ ٤٤٥ ٤٤٦ ٤٤٧ ٤٤٨ ٤٤٩ ٤٥٠ ٤٥١ ٤٥٢ ٤٥٣ ٤٥٤ ٤٥٥ ٤٥٦ ٤٥٧ ٤٥٨ ٤٥٩ ٤٦٠ ٤٦١ ٤٦٢ ٤٦٣ ٤٦٤ ٤٦٥ ٤٦٦ ٤٦٧ ٤٦٨ ٤٦٩ ٤٧٠ ٤٧١ ٤٧٢ ٤٧٣ ٤٧٤ ٤٧٥ ٤٧٦ ٤٧٧ ٤٧٨ ٤٧٩ ٤٨٠ ٤٨١ ٤٨٢ ٤٨٣ ٤٨٤ ٤٨٥ ٤٨٦ ٤٨٧ ٤٨٨ ٤٨٩ ٤٩٠ ٤٩١ ٤٩٢ ٤٩٣ ٤٩٤ ٤٩٥ ٤٩٦ ٤٩٧ ٤٩٨ ٤٩٩ ٥٠٠ ٥٠١ ٥٠٢ ٥٠٣ ٥٠٤ ٥٠٥ ٥٠٦ ٥٠٧ ٥٠٨ ٥٠٩ ٥١٠ ٥١١ ٥١٢ ٥١٣ ٥١٤ ٥١٥ ٥١٦ ٥١٧ ٥١٨ ٥١٩ ٥٢٠ ٥٢١ ٥٢٢ ٥٢٣ ٥٢٤ ٥٢٥ ٥٢٦ ٥٢٧ ٥٢٨ ٥٢٩ ٥٣٠ ٥٣١ ٥٣٢ ٥٣٣ ٥٣٤ ٥٣٥ ٥٣٦ ٥٣٧ ٥٣٨ ٥٣٩ ٥٤٠ ٥٤١ ٥٤٢ ٥٤٣ ٥٤٤ ٥٤٥ ٥٤٦ ٥٤٧ ٥٤٨ ٥٤٩ ٥٥٠ ٥٥١ ٥٥٢ ٥٥٣ ٥٥٤ ٥٥٥ ٥٥٦ ٥٥٧ ٥٥٨ ٥٥٩ ٥٦٠ ٥٦١ ٥٦٢ ٥٦٣ ٥٦٤ ٥٦٥ ٥٦٦ ٥٦٧ ٥٦٨ ٥٦٩ ٥٧٠ ٥٧١ ٥٧٢ ٥٧٣ ٥٧٤ ٥٧٥ ٥٧٦ ٥٧٧ ٥٧٨ ٥٧٩ ٥٨٠ ٥٨١ ٥٨٢ ٥٨٣ ٥٨٤ ٥٨٥ ٥٨٦ ٥٨٧ ٥٨٨ ٥٨٩ ٥٩٠ ٥٩١ ٥٩٢ ٥٩٣ ٥٩٤ ٥٩٥ ٥٩٦ ٥٩٧ ٥٩٨ ٥٩٩ ٦٠٠ ٦٠١ ٦٠٢ ٦٠٣ ٦٠٤ ٦٠٥ ٦٠٦ ٦٠٧ ٦٠٨ ٦٠٩ ٦١٠ ٦١١ ٦١٢ ٦١٣ ٦١٤ ٦١٥ ٦١٦ ٦١٧ ٦١٨ ٦١٩ ٦٢٠ ٦٢١ ٦٢٢ ٦٢٣ ٦٢٤ ٦٢٥ ٦٢٦ ٦٢٧ ٦٢٨ ٦٢٩ ٦٣٠ ٦٣١ ٦٣٢ ٦٣٣ ٦٣٤ ٦٣٥ ٦٣٦ ٦٣٧ ٦٣٨ ٦٣٩ ٦٤٠ ٦٤١ ٦٤٢ ٦٤٣ ٦٤٤ ٦٤٥ ٦٤٦ ٦٤٧ ٦٤٨ ٦٤٩ ٦٥٠ ٦٥١ ٦٥٢ ٦٥٣ ٦٥٤ ٦٥٥ ٦٥٦ ٦٥٧ ٦٥٨ ٦٥٩ ٦٦٠ ٦٦١ ٦٦٢ ٦٦٣ ٦٦٤ ٦٦٥ ٦٦٦ ٦٦٧ ٦٦٨ ٦٦٩ ٦٧٠ ٦٧١ ٦٧٢ ٦٧٣ ٦٧٤ ٦٧٥ ٦٧٦ ٦٧٧ ٦٧٨ ٦٧٩ ٦٨٠ ٦٨١ ٦٨٢ ٦٨٣ ٦٨٤ ٦٨٥ ٦٨٦ ٦٨٧ ٦٨٨ ٦٨٩ ٦٩٠ ٦٩١ ٦٩٢ ٦٩٣ ٦٩٤ ٦٩٥ ٦٩٦ ٦٩٧ ٦٩٨ ٦٩٩ ٧٠٠ ٧٠١ ٧٠٢ ٧٠٣ ٧٠٤ ٧٠٥ ٧٠٦ ٧٠٧ ٧٠٨ ٧٠٩ ٧١٠ ٧١١ ٧١٢ ٧١٣ ٧١٤ ٧١٥ ٧١٦ ٧١٧ ٧١٨ ٧١٩ ٧٢٠ ٧٢١ ٧٢٢ ٧٢٣ ٧٢٤ ٧٢٥ ٧٢٦ ٧٢٧ ٧٢٨ ٧٢٩ ٧٣٠ ٧٣١ ٧٣٢ ٧٣٣ ٧٣٤ ٧٣٥ ٧٣٦ ٧٣٧ ٧٣٨ ٧٣٩ ٧٤٠ ٧٤١ ٧٤٢ ٧٤٣ ٧٤٤ ٧٤٥ ٧٤٦ ٧٤٧ ٧٤٨ ٧٤٩ ٧٥٠ ٧٥١ ٧٥٢ ٧٥٣ ٧٥٤ ٧٥٥ ٧٥٦ ٧٥٧ ٧٥٨ ٧٥٩ ٧٦٠ ٧٦١ ٧٦٢ ٧٦٣ ٧٦٤ ٧٦٥ ٧٦٦ ٧٦٧ ٧٦٨ ٧٦٩ ٧٧٠ ٧٧١ ٧٧٢ ٧٧٣ ٧٧٤ ٧٧٥ ٧٧٦ ٧٧٧ ٧٧٨ ٧٧٩ ٧٨٠ ٧٨١ ٧٨٢ ٧٨٣ ٧٨٤ ٧٨٥ ٧٨٦ ٧٨٧ ٧٨٨ ٧٨٩ ٧٩٠ ٧٩١ ٧٩٢ ٧٩٣ ٧٩٤ ٧٩٥ ٧٩٦ ٧٩٧ ٧٩٨ ٧٩٩ ٨٠٠ ٨٠١ ٨٠٢ ٨٠٣ ٨٠٤ ٨٠٥ ٨٠٦ ٨٠٧ ٨٠٨ ٨٠٩ ٨١٠ ٨١١ ٨١٢ ٨١٣ ٨١٤ ٨١٥ ٨١٦ ٨١٧ ٨١٨ ٨١٩ ٨٢٠ ٨٢١ ٨٢٢ ٨٢٣ ٨٢٤ ٨٢٥ ٨٢٦ ٨٢٧ ٨٢٨ ٨٢٩ ٨٣٠ ٨٣١ ٨٣٢ ٨٣٣ ٨٣٤ ٨٣٥ ٨٣٦ ٨٣٧ ٨٣٨ ٨٣٩ ٨٤٠ ٨٤١ ٨٤٢ ٨٤٣ ٨٤٤ ٨٤٥ ٨٤٦ ٨٤٧ ٨٤٨ ٨٤٩ ٨٥٠ ٨٥١ ٨٥٢ ٨٥٣ ٨٥٤ ٨٥٥ ٨٥٦ ٨٥٧ ٨٥٨ ٨٥٩ ٨٦٠ ٨٦١ ٨٦٢ ٨٦٣ ٨٦٤ ٨٦٥ ٨٦٦ ٨٦٧ ٨٦٨ ٨٦٩ ٨٧٠ ٨٧١ ٨٧٢ ٨٧٣ ٨٧٤ ٨٧٥ ٨٧٦ ٨٧٧ ٨٧٨ ٨٧٩ ٨٨٠ ٨٨١ ٨٨٢ ٨٨٣ ٨٨٤ ٨٨٥ ٨٨٦ ٨٨٧ ٨٨٨ ٨٨٩ ٨٩٠ ٨٩١ ٨٩٢ ٨٩٣ ٨٩٤ ٨٩٥ ٨٩٦ ٨٩٧ ٨٩٨ ٨٩٩ ٩٠٠ ٩٠١ ٩٠٢ ٩٠٣ ٩٠٤ ٩٠٥ ٩٠٦ ٩٠٧ ٩٠٨ ٩٠٩ ٩١٠ ٩١١ ٩١٢ ٩١٣ ٩١٤ ٩١٥ ٩١٦ ٩١٧ ٩١٨ ٩١٩ ٩٢٠ ٩٢١ ٩٢٢ ٩٢٣ ٩٢٤ ٩٢٥ ٩٢٦ ٩٢٧ ٩٢٨ ٩٢٩ ٩٣٠ ٩٣١ ٩٣٢ ٩٣٣ ٩٣٤ ٩٣٥ ٩٣٦ ٩٣٧ ٩٣٨ ٩٣٩ ٩٤٠ ٩٤١ ٩٤٢ ٩٤٣ ٩٤٤ ٩٤٥ ٩٤٦ ٩٤٧ ٩٤٨ ٩٤٩ ٩٥٠ ٩٥١ ٩٥٢ ٩٥٣ ٩٥٤ ٩٥٥ ٩٥٦ ٩٥٧ ٩٥٨ ٩٥٩ ٩٦٠ ٩٦١ ٩٦٢ ٩٦٣ ٩٦٤ ٩٦٥ ٩٦٦ ٩٦٧ ٩٦٨ ٩٦٩ ٩٧٠ ٩٧١ ٩٧٢ ٩٧٣ ٩٧٤ ٩٧٥ ٩٧٦ ٩٧٧ ٩٧٨ ٩٧٩ ٩٨٠ ٩٨١ ٩٨٢ ٩٨٣ ٩٨٤ ٩٨٥ ٩٨٦ ٩٨٧ ٩٨٨ ٩٨٩ ٩٩٠ ٩٩١ ٩٩٢ ٩٩٣ ٩٩٤ ٩٩٥ ٩٩٦ ٩٩٧ ٩٩٨ ٩٩٩ ١٠٠٠ ١٠٠١ ١٠٠٢ ١٠٠٣ ١٠٠٤ ١٠٠٥ ١٠٠٦ ١٠٠٧ ١٠٠٨ ١٠٠٩ ١٠١٠ ١٠١١ ١٠١٢ ١٠١٣ ١٠١٤ ١٠١٥ ١٠١٦ ١٠١٧ ١٠١٨ ١٠١٩ ١٠٢٠ ١٠٢١ ١٠٢٢ ١٠٢٣ ١٠٢٤ ١٠٢٥ ١٠٢٦ ١٠٢٧ ١٠٢٨ ١٠٢٩ ١٠٣٠ ١٠٣١ ١٠٣٢ ١٠٣٣ ١٠٣٤ ١٠٣٥ ١٠٣٦ ١٠٣٧ ١٠٣٨ ١٠٣٩ ١٠٤٠ ١٠٤١ ١٠٤٢ ١٠٤٣ ١٠٤٤ ١٠٤٥ ١٠٤٦ ١٠٤٧ ١٠٤٨ ١٠٤٩ ١٠٥٠ ١٠٥١ ١٠٥٢ ١٠٥٣ ١٠٥٤ ١٠٥٥ ١٠٥٦ ١٠٥٧ ١٠٥٨ ١٠٥٩ ١٠٦٠ ١٠٦١ ١٠٦٢ ١٠٦٣ ١٠٦٤ ١٠٦٥ ١٠٦٦ ١٠٦٧ ١٠٦٨ ١٠٦٩ ١٠٧٠ ١٠٧١ ١٠٧٢ ١٠٧٣ ١٠٧٤ ١٠٧٥ ١٠٧٦ ١٠٧٧ ١٠٧٨ ١٠٧٩ ١٠٨٠ ١٠٨١ ١٠٨٢ ١٠٨٣ ١٠٨٤ ١٠٨٥ ١٠٨٦ ١٠٨٧ ١٠٨٨ ١٠٨٩ ١٠٩٠ ١٠٩١ ١٠٩٢ ١٠٩٣ ١٠٩٤ ١٠٩٥ ١٠٩٦ ١٠٩٧ ١٠٩٨ ١٠٩٩ ١١٠٠ ١١٠١ ١١٠٢ ١١٠٣ ١١٠٤ ١١٠٥ ١١٠٦ ١١٠٧ ١١٠٨ ١١٠٩ ١١١٠ ١١١١ ١١١٢ ١١١٣ ١١١٤ ١١١٥ ١١١٦ ١١١٧ ١١١٨ ١١١٩ ١١٢٠ ١١٢١ ١١٢٢ ١١٢٣ ١١٢٤ ١١٢٥ ١١٢٦ ١١٢٧ ١١٢٨ ١١٢٩ ١١٣٠ ١١٣١ ١١٣٢ ١١٣٣ ١١٣٤ ١١٣٥ ١١٣٦ ١١٣٧ ١١٣٨ ١١٣٩ ١١٤٠ ١١٤١ ١١٤٢ ١١٤٣ ١١٤٤ ١١٤٥ ١١٤٦ ١١٤٧ ١١٤٨ ١١٤٩ ١١٥٠ ١١٥١ ١١٥٢ ١١٥٣ ١١٥٤ ١١٥٥ ١١٥٦ ١١٥٧ ١١٥٨ ١١٥٩ ١١٦٠ ١١٦١ ١١٦٢ ١١٦٣ ١١٦٤ ١١٦٥ ١١٦٦ ١١٦٧ ١١٦٨ ١١٦٩ ١١٧٠ ١١٧١ ١١٧٢ ١١٧٣ ١١٧٤ ١١٧٥ ١١٧٦ ١١٧٧ ١١٧٨ ١١٧٩ ١١٨٠ ١١٨١ ١١٨٢ ١١٨٣ ١١٨٤ ١١٨٥ ١١٨٦ ١١٨٧ ١١٨٨ ١١٨٩ ١١٩٠ ١١٩١ ١١٩٢ ١١٩٣ ١١٩٤ ١١٩٥ ١١٩٦ ١١٩٧ ١١٩٨ ١١٩٩ ١٢٠٠ ١٢٠١ ١٢٠٢ ١٢٠٣ ١٢٠٤ ١٢٠٥ ١٢٠٦ ١٢٠٧ ١٢٠٨ ١٢٠٩ ١٢١٠ ١٢١١ ١٢١٢ ١٢١٣ ١٢١٤ ١٢١٥ ١٢١٦ ١٢١٧ ١٢١٨ ١٢١٩ ١٢٢٠ ١٢٢١ ١٢٢٢ ١٢٢٣ ١٢٢٤ ١٢٢٥ ١٢٢٦ ١٢٢٧ ١٢٢٨ ١٢٢٩ ١٢٣٠ ١٢٣١ ١٢٣٢ ١٢٣٣ ١٢٣٤ ١٢٣٥ ١٢٣٦ ١٢٣٧ ١٢٣٨ ١٢٣٩ ١٢٤٠ ١٢٤١ ١٢٤٢ ١٢٤٣ ١٢٤٤ ١٢٤٥ ١٢٤٦ ١٢٤٧ ١٢٤٨ ١٢٤٩ ١٢٥٠ ١٢٥١ ١٢٥٢ ١٢٥٣ ١٢٥٤ ١٢٥٥ ١٢٥٦ ١٢٥٧ ١٢٥٨ ١٢٥٩ ١٢٦٠ ١٢٦١ ١٢٦٢ ١٢٦٣ ١٢٦٤ ١٢٦٥ ١٢٦٦ ١٢٦٧ ١٢٦٨ ١٢٦٩ ١٢٧٠ ١٢٧١ ١٢٧٢ ١٢٧٣ ١٢٧٤ ١٢٧٥ ١٢٧٦ ١٢٧٧ ١٢٧٨ ١٢٧٩ ١٢٨٠ ١٢٨١ ١٢٨٢ ١٢٨٣ ١٢٨٤ ١٢٨٥ ١٢٨٦ ١٢٨٧ ١٢٨٨ ١٢٨٩ ١٢٩٠ ١٢٩١ ١٢٩٢ ١٢٩٣ ١٢٩٤ ١٢٩٥ ١٢٩٦ ١٢٩٧ ١٢٩٨ ١٢٩٩ ١٣٠٠ ١٣٠١ ١٣٠٢ ١٣٠٣ ١٣٠٤ ١٣٠٥ ١٣٠٦ ١٣٠٧ ١٣٠٨ ١٣٠٩ ١٣١٠ ١٣١١ ١٣١٢ ١٣١٣ ١٣١٤ ١٣١٥ ١٣١٦ ١٣١٧ ١٣١٨ ١٣١٩ ١٣٢٠ ١٣٢١ ١٣٢٢ ١٣٢٣ ١٣٢٤ ١٣٢٥ ١٣٢٦ ١٣٢٧ ١٣٢٨ ١٣٢٩ ١٣٣٠ ١٣٣١ ١٣٣٢ ١٣٣٣ ١٣٣٤ ١٣٣٥ ١٣٣٦ ١٣٣٧ ١٣٣٨ ١٣٣٩ ١٣٤٠ ١٣٤١ ١٣٤٢ ١٣٤٣ ١٣٤٤ ١٣٤٥ ١٣٤٦ ١٣٤٧ ١٣٤٨ ١٣٤٩ ١٣٥٠ ١٣٥١ ١٣٥٢ ١٣٥٣ ١٣٥٤ ١٣٥٥ ١٣٥٦ ١٣٥٧ ١٣٥٨ ١٣٥٩ ١٣٦٠ ١٣٦١ ١٣٦٢ ١٣٦٣ ١٣٦٤ ١٣٦٥ ١٣٦٦ ١٣٦٧ ١٣٦٨ ١٣٦٩ ١٣٧٠ ١٣٧١ ١٣٧٢ ١٣٧٣ ١٣٧٤ ١٣٧٥ ١٣٧٦ ١٣٧٧ ١٣٧٨ ١٣٧٩ ١٣٨٠ ١٣٨١ ١٣٨٢ ١٣٨٣ ١٣٨٤ ١٣٨٥ ١٣٨٦ ١٣٨٧ ١٣٨٨ ١٣٨٩ ١٣٩٠ ١٣٩١ ١٣٩٢ ١٣٩٣ ١٣٩٤ ١٣٩٥ ١٣٩٦ ١٣٩٧ ١٣٩٨ ١٣٩٩ ١٤٠٠ ١٤٠١ ١٤٠٢ ١٤٠٣ ١٤٠٤ ١٤٠٥ ١٤٠٦ ١٤٠٧ ١٤٠٨ ١٤٠٩ ١٤١٠ ١٤١١ ١٤١٢ ١٤١٣ ١٤١٤ ١٤١٥ ١٤١٦ ١٤١٧ ١٤١٨ ١٤١٩ ١٤٢٠ ١٤٢١ ١٤٢٢ ١٤٢٣ ١٤٢٤ ١٤٢٥ ١٤٢٦ ١٤٢٧ ١٤٢٨ ١٤٢٩ ١٤٣٠ ١٤٣١ ١٤٣٢ ١٤٣٣ ١٤٣٤ ١٤٣٥ ١٤٣٦ ١٤٣٧ ١٤٣٨ ١٤٣٩ ١٤٤٠ ١٤٤١ ١٤٤٢ ١٤٤٣ ١٤٤٤ ١٤٤٥ ١٤٤٦ ١٤٤٧ ١٤٤٨ ١٤٤٩ ١٤٥٠ ١٤٥١ ١٤٥٢ ١٤٥٣ ١٤٥٤ ١٤٥٥ ١٤٥٦ ١٤٥٧ ١٤٥٨ ١٤٥٩ ١٤٦٠ ١٤٦١ ١٤٦٢ ١٤٦٣ ١٤٦٤ ١٤٦٥ ١٤٦٦ ١٤٦٧ ١٤٦٨ ١٤٦٩ ١٤٧٠ ١٤٧١ ١٤٧٢ ١٤٧٣ ١٤٧٤ ١٤٧٥ ١٤٧٦ ١٤٧٧ ١٤٧٨ ١٤٧٩ ١٤٨٠ ١٤٨١ ١٤٨٢ ١٤٨٣ ١٤٨٤ ١٤٨٥ ١٤٨٦ ١٤٨٧ ١٤٨٨ ١٤٨٩ ١٤٩٠ ١٤٩١ ١٤٩٢ ١٤٩٣ ١٤٩٤ ١٤٩٥ ١٤٩٦ ١٤٩٧ ١٤٩٨ ١٤٩٩ ١٥٠٠ ١٥٠١ ١٥٠٢ ١٥٠٣ ١٥٠٤ ١٥٠٥ ١٥٠٦ ١٥٠٧ ١٥٠٨ ١٥٠٩ ١٥١٠ ١٥١١ ١٥١٢ ١٥١٣ ١٥١٤ ١٥١٥ ١٥١٦ ١٥١٧ ١٥١٨ ١٥١٩ ١٥٢٠ ١٥٢١ ١٥٢٢ ١٥٢٣ ١٥٢٤ ١٥٢٥ ١٥٢٦ ١٥٢٧ ١٥٢٨ ١٥٢٩ ١٥٣٠ ١٥٣١ ١٥٣٢ ١٥٣٣ ١٥٣٤ ١٥٣٥ ١٥٣٦ ١٥٣٧ ١٥٣٨ ١٥٣٩ ١٥٤٠ ١٥٤١ ١٥٤٢ ١٥٤٣ ١٥٤٤ ١٥٤٥ ١٥٤٦ ١٥٤٧ ١٥٤٨ ١٥٤٩ ١٥٥٠ ١٥٥١ ١٥٥٢ ١٥٥٣ ١٥٥٤ ١٥٥٥ ١٥٥٦ ١٥٥٧ ١٥٥٨ ١٥٥٩ ١٥٦٠ ١٥٦١ ١٥٦٢ ١٥

معينين وجملة القوتين يمكن تعويضها بجملة قوتين آخريين مكافئة للأولى وقد قال المعلم برنيس في عدم التحديد هذا أنه لا يوجد شيء يساعد على معرفته لأنه في الحقيقة الطبيعية ردود أفعال فقط الارتكاز لها مقادير معينة بالنسبة لكل نقطة ولكن للوصول إلى معرفتها لا يكفي فقط معرفة أن الجسم أ ب متزن في الحالة الراهنة لأنه حيث كان التوازن لا يختل بإضافة قوتين متساويتين ومختلفتي الاتجاه ومجهتتين في اتجاه أ ب وكان يوجد عدد غير محدود من أجل ردود الأفعال المناسبة لحالة التوازن فلا يمكن معرفة الجملة التي تكون في الحقيقة إلا إذا علمت جميع الأحوال السابقة على حالة التوازن أعني حالة وضع الجسم على نقط ارتكازه وتغيراته بتأثير القوى الواقعة عليه وبالجملة فإنه يحصل التحديد متى اعتبرت كل منها مركبة من جملة أجسام مرتبطة مع بعضها ارتباطاً منفصلياً

وحيث أن كل جسم من الأجسام المفصلية متأثر بقوى خارجية مجموعها موزن له بالوزن Q بالنسبة للجسم الأول وبالوزن Q' بالنسبة للجسم الثاني وهكذا فالوزن Q' يلزم أن يحتوي على رد فعل نقطة الارتكاز الثابتة بخلاف الرموز الأخرى Q فلا يلزم أن يحتوي أحد منها على ردود الأفعال الناتجة من الأجسام المفصلية لأن ردود الأفعال المذكورة هي قوى داخلية للجملة وزيادة على ذلك فإنها متساوية ومتضادة متقابلة

ولنرمز بالرمز M لمحصلة انتقال القوى Q في B أعني لمحصلة جميع القوى Q المستقلة بالتوازي لنفسها في نقطة B ثم نرمز بالرمز M' لمحصلة انتقال المجموعين Q و Q' في نقطة H ثم نرمز بالرمز M'' لمحصلة انتقال المجموعين Q و Q' مع Q في نقطة E وهكذا فإذا فرض أن الثلاثة أجسام الأولى مفصلية من اليسار فيلزم أن تتزن بشرط أن يوقع في E قوة مساوية لرد فعل الجسم الرابع على الثالث وحينئذ يلزم أن يكون مجموع عزم القوى الخارجية Q و Q' و Q بالنسبة لمحور حيثما اتفق ما بين نقطة E معدوماً وزيادة على ذلك يلزم أن تكون الست معادلات العمومية للتوازن محققة بالنسبة لمجموع الجملة وبالعكس إذا كانت هذه الشروط محققة فالجملة تكون متزنة

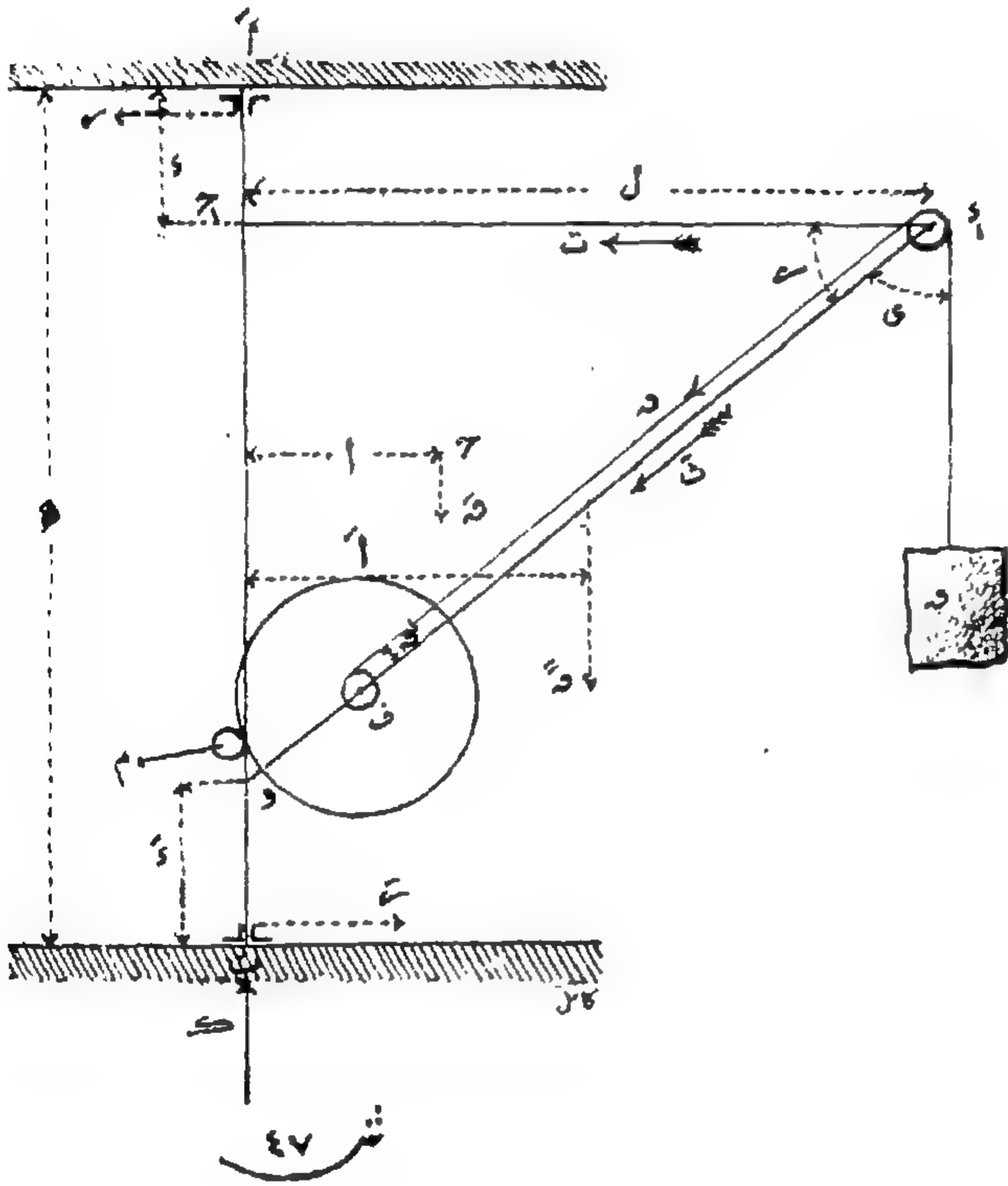
وحينئذ إذا اعتبرنا الجسم الأول أ ب فالقوى الخارجية Q الواقعة عليه يكون لها عزم معدوم بالنسبة لنقطة B ومحصلة الوحيية تساوي M' فالقوة M' المذكورة تكون حينئذ هي التأثير الواقع من الجسم أ ب على الجسم التالي له B وبالعكس رد فعل B على أ يكون قوة قدرها M' ويمكن اعتبار الجسم أ ب كمتفرق بشرط أن يضاف للقوى الخارجية رد الفعل M' وما سبق تنتج النظريتان الآتيتان

الأولى - العزم الناتج من جميع القوى الخارجية الواقعة بين إحدى نهايتي الجملة وبين مركز تعشيق مفصلي حيثما اتفق يلزم أن يكون معدوماً بالنسبة لمركز التعشيق المفصلي المذكور

الثانية

الثانية - التأثير الحاصل من أحد أجسام الجلة على الجسم المجاور له يساوى محصلة انتقال القوى الواقعة بين نهايتي القطعة وبين مركز التقشيق المفصل الفاصل للجسمين المفروضين والنظريتان المذكورتان تنطبقان على الجمل المفصلية البسيطة التي فيها كل جسم لا يحتوى الا على مركزى تقشيق ولكن قد يشاهد كثيرا في العمل جمل مفصلية مركبة فيها جسم أو عدة اجسام لها جلة مركز تقشيق وحينئذ فلا يمكن إيجاد قوانين عمومية لها الا في النادر ويقضى بمعاملة كل حالة بطريقة مخصوصة ولنذكر هنا بعض امثلة من التي توجد كثيرا في العمل فنقول -

فحساب عيار جسيم معد لرفع الاحمال الثقيلة صورة موضحة في شكل ٤٧ هذه الآلة تتركب من قائم رأسي آت له في قمته أصبع أ وفي قاعدته محور دوران ب وكلاهما داخل في سكرجة فالعلياء مثبتة في السقف والسفلى في الأرضية وهذا القائم أى المحور يدور حينئذ حول الرأسى وتتشقق بذراع التعليق ج د المركز في هـ على الذراع المائل هـ و ولكل واقع في و د ومحول بجبل أو جترير - ارعلى البكرة هـ ونازل بالتوازي للذراع المائل ليلتف على الملفاف في الذي مناوئته م ولا تستغل بالملفاف الذي يمكن ان يكون له طرس أو طرسان اللذان يحسان بحسب القوة للحركة المستعملة وبحسب الحمل الاعظم المطلوب رفعه



ولنلاحظ ان مجموع الجلة متزن بتأثير القوى الخارجة وهذه القوى هي -

أولاً - الثقل و ثانياً - رد الفعلين س ر الناتجين من السكرجتين على المحور الرأسى الذي ينقل عليها تأثيرا جانبيا وثالثاً - الثقل و لآلة بتامسها المؤثر في مركز الثقل و على بعد ٢ من المحور الرأسى للدوران ورابعاً - رد الفعل الرأسى س ر الناتج من السكرجة على محور الدوران ب وحيث ان العزم الناتج من جميع هذه القوى بالنسبة لنقطة حيثما انفتحت من المستوى الشامل لها يلزم ان يكون معدوماً فاذا أخذنا العزم المذكور بالنسبة لنقطة م يحدث

$$٥ \times ١ = ٢ \times ١ + ١ \times ٥ + ١ \times ٥ \text{ ومنها يحدث}$$

$$١ = ٢ \times \frac{١}{٥} + ١ \times \frac{٥}{٥} + ١ \times \frac{٥}{٥} \dots \dots \dots (١)$$

وبأخذ العزم الناتج من جميع القوى المذكورة بالنسبة لنقطة أ أيضا يحدث

م ٧. في مقاومة مواد

$$\begin{aligned} \text{ر} \times \text{ه} &= \text{ق} \times \text{ل} + \text{ا} \times \text{و} \quad \text{ومن هنا يحدث} \\ \text{ر} &= \frac{\text{ق} \times \text{ل} + \text{ا} \times \text{و}}{\text{ه}} \end{aligned}$$

وحيث أن فردا الفعلين ر، ما، يكونان متساويين ومقدار قطري الصباعين المقابلين لهما يلزم أن يكونا متساويين كذلك ويرى أيضا أن ردى الفعلين المذكورين يكونان كبيرين كلما كان كل من ل، ا، كبيرا وكلما كان ه صغيرا مع بقاء باقى الأشياء على أصلها

ولكن فى العمل مقدار الطول الأفقى ل للعيار يكون غالبا مساويا لارتفاعه ومقدار ا يكون مساويا فى الظاهر لربع الارتفاع وفضلا عن ذلك نسلم أيضا بأن ثقل العيار يكون مساويا للثقل الأعظم الذى يمكن دفعه وحيث أن يكون مقدار كل من ردى الفعلين مساويا الى $\frac{\text{ه}}{\text{و}}$

وجب أن رد الفعل ر يحدث انحناء الجزء ا، من المحور الرأسى فينشأ عنه عزم انحناء ويكون مقداره الأعظم الحاصل فى نقطة د هو ر × د وبالمثل رد الفعل ر يحدث عزم انحناء اعظم ر × د فى نقطة و وعلى ذلك فيلزم تقرب نقطتى د، ما، من نهايتى المحور الرأسى بقدر الامكان

وأحيانا يكون التقرب كبيرا نوعا بحيث لا يخشى قط من عزم الانحناء ويحذف الجزء د، و من المحور الرأسى فإذا اعتبرت الأجزاء والقطع الصلبة المؤثرة فى نقطة د، يمكن أن يفرض أن الذراع د، د، ولجبل د، و مقطوعان بشرط أن يستعاض رد فعل الجزئين المحذوفين بالقوتين ت، ما، وحيث أن الذراع المائل د، و يكون مطلقا ويمكن أن يدور حول نقطة و ويمكن لبيان توازنه أن يجعل العزم الناتج من جميع القوى الخارجة المؤثرة عليه معدوما بالنسبة لمركز التقاطع المفضل و وعلى ذلك إذا فرض ثقل الذراع المائل المذكور بالرمز ق و لبعده نقطة تأثير عن المحور الرأسى بحرف ا فيكون

$$\text{ق} \times \text{ا} + \text{و} \times \text{ل} = \text{ت} \times (\text{د} - \text{و} - \text{ا}) + \text{ه} \times \text{و}$$

وفى هذا القانون و رمز لنصف قطر مقرب البكرة و لنصف قطر الملفاف و منه يحدث

$$\text{ت} = \frac{\text{ق} \times \text{ا}}{\text{د} - \text{و} - \text{ا}} + \frac{\text{ل} - \text{و}}{\text{د} - \text{و} - \text{ا}} \times \text{و}$$

ومن هذا المعادلة يستخرج مقدار رد الفعل الواقع على الذراع الأفقى للعيار فى الحالة التى تكون فيها د، ما، صغيرة بالنسبة الى ه يحدث

$$\text{ت} = \frac{\text{ق} \times \text{ا}}{\text{ه}} + \text{و} \times \frac{\text{ل}}{\text{ه}}$$

ويقطع النظر عن ق و باعتبار أن طول الذراع الأفقى يساوى ارتفاع العيار يكون

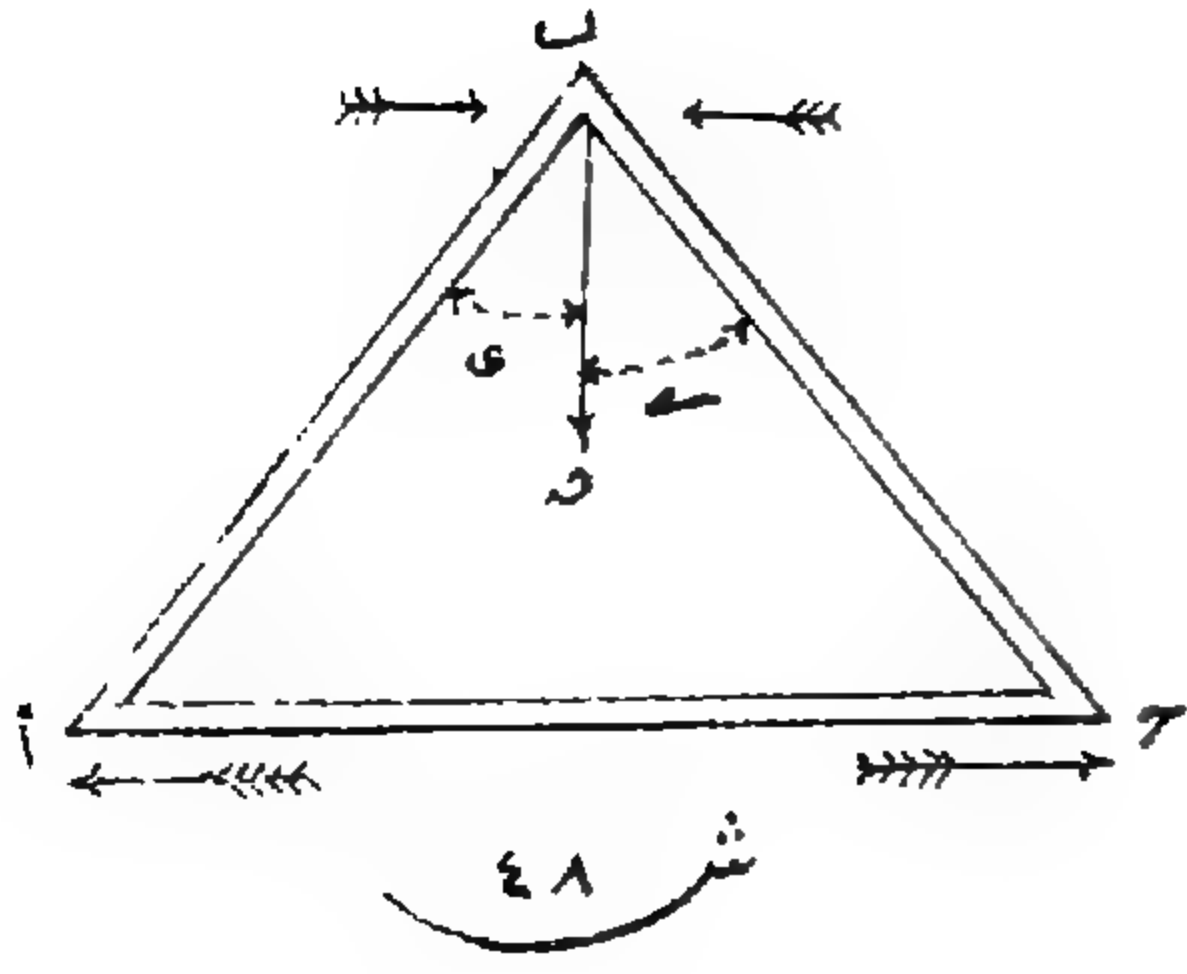
$$\text{ت} = \text{و}$$

ومقدار الضغط ت للذراع المائل يتعين بملاحظة أن جميع القوى الواقعة فى د تكون متزنة وحيث أن نحدث

$$\text{ت} = \text{و} + \text{و} \times \text{ح} + \text{ت} \times \text{ح} = \text{و}$$

فى حساب العيار المسمى بالمغزى أو المقص - إذا فرضنا مغزى أو مقصا ذا فرعين ا، ب، ح كما فى شكل ٤

قته



قمة ب مثبتة في المستوى الرأسى ٢ بـ بواسطة جبال متأثرة
بقوى مختلفة بحسب سعة درجات الجبلية المادية
وفرض ثقل مثل هـ معلق في قمة المقص المفروض فان هذا الثقل يحدث
في القطعتين المائلتين ضغطين يتحصل مقدار كل منهما من متوازي اضلاع
القوى كما يأت

وهـ $\frac{\text{حـ}}{\text{حـ} + \text{هـ}} \times \text{حـ}$ و $\frac{\text{حـ}}{\text{حـ} + \text{هـ}} \times \text{هـ}$
ومقدار الدفع الافقى المفعول من كل من القطعتين المائلتين على قمة المقص هو

وهـ $\frac{\text{حـ}}{\text{حـ} + \text{هـ}} \times \text{حـ}$
وهذا الدفع يوجد أيضا في نقطتي الارتكاز ٢، ٣ اللتين تتباعدان عن بعضهما اذا الميثل بالاحتكاك على
الدفع المذكور او اذا كان الاحتكاك ضعيفا ولم توجد قطعة افقية او شداد ٢ كاف لمقاومة الجذب الحاصل
له من المدافعة الافقية المذكورة

ومتى كانت الزاويتان ١، ٢ متساويتين فضغط كل من فرعى المقص يكون مساويا الى

ومقدار الدفع الافقى يكون مساويا الى

$\frac{1}{2} \text{ هـ طـ}$

في حساب مقص بصورة أخرى كالموضحة في شكل ٤٩ - هذا المقص يتركب من حاملتين مائل ١ ب مثبت بواسطة
الجبل ٢ والثقل هـ معلق في قمته

فهذا الثقل يجلل الى مركبتين احدها الضغط في اتجاه ١ ب ومقداره
يساوى

$$\frac{\text{هـ حـ}}{\text{حـ} - \text{هـ}}$$

والثانية الجذب في اتجاه ٢ ب ومقداره يساوى

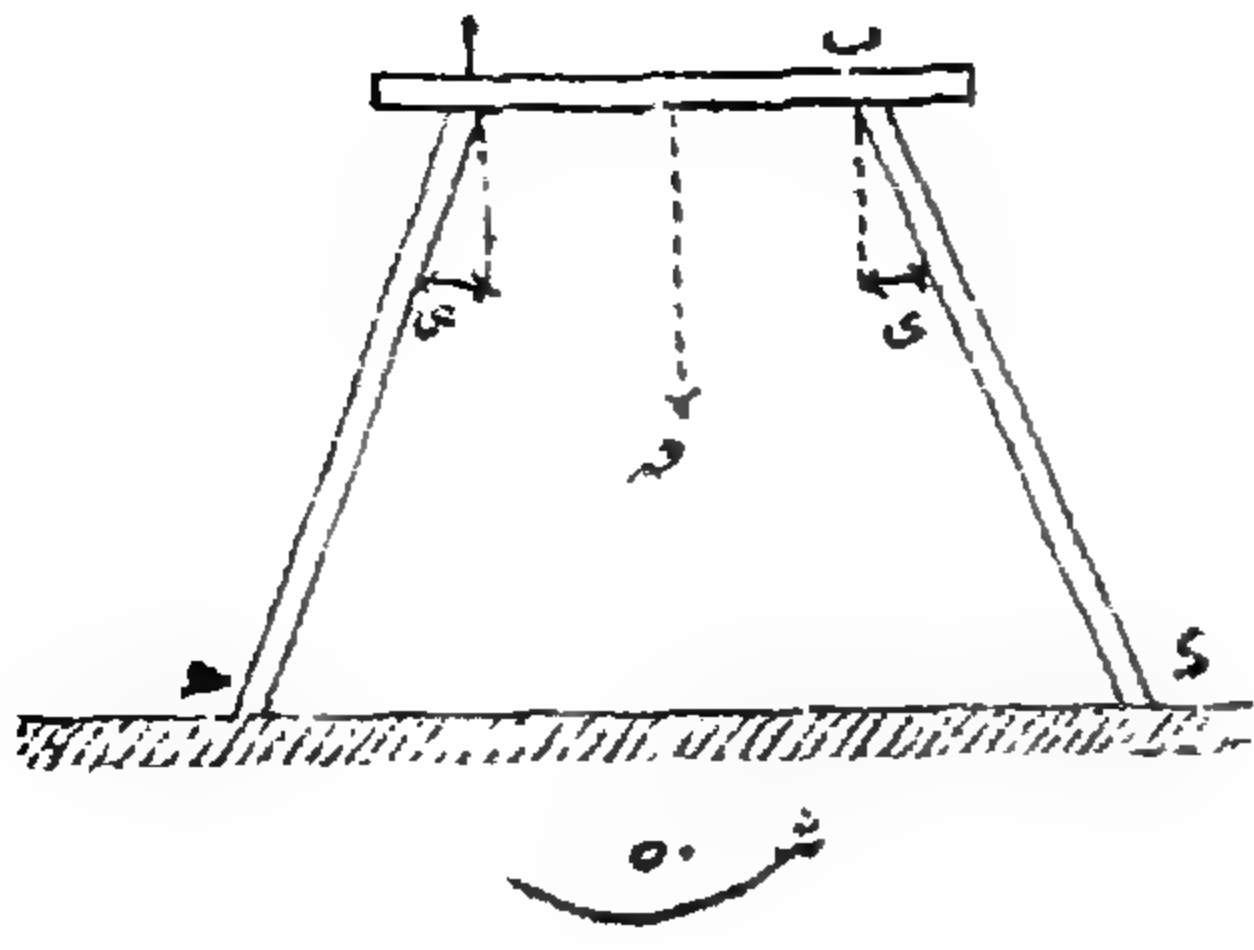
$$\frac{\text{هـ حـ}}{\text{حـ} - \text{هـ}}$$

وهذان المقداران يتصلان مباشرة من متوازي اضلاع

القوى

وعلى العموم يستعاض ساق القوة ١ ب بمثلث مثل ٢ بـ من الشكل السابق وحينئذ من بعد معرفة
مقدار القوة الضاغطة على رأس المثلث المذكور يسهل حساب ابعاد القطع المركبة له كما تقدم
ومتى مر على قمة المقص جبل لرفع الحمل هـ يلزم اعتبار شدته في حساب القوى المنتقلة على القطع المختلفة
كما جرى ذلك في البيار الجسيم

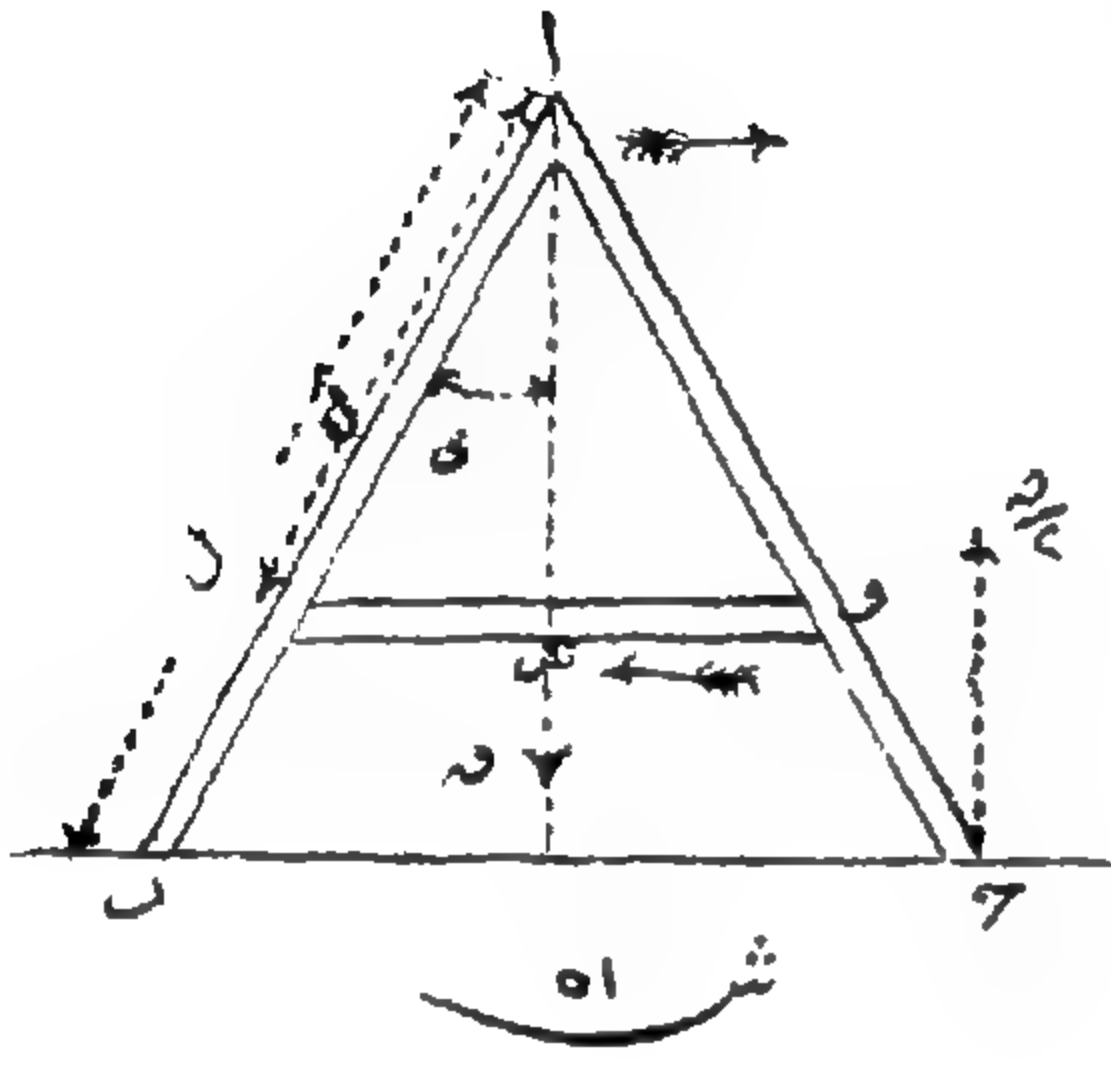
في حساب جملة تعايش مختلفة - اذا فرض مقص كما في شكل ٤٩ مركب من عارضة افقية ١ ب مثبتة على
ساقين قويتين ٢ ب و ٣ ب فالقوة هـ الواقعة في وسط العارضة المذكورة تحدث للساقين المائلتين



منظمان مساوي كل منهما الى $\frac{م}{ح}$ ويلزم لحصول التوازن
ان تكون زاويتاي متساويتين كي تقدم المركبتان الافقيتان
ثم ان الرجلين حواء يميلون الى التباعده عن بعضهما بتأثير المدافعة
الافقية التي مقدارها

$\frac{ل}{ح} ط$

واذا فرض حملون بسيط كما في شكل ٥١ يكون من ضلعين مائلين ومن شداد
افقي $و$ وكان المطلوب ايجاد مقدار الشدش للشداد المذكور
من بعد معلومية الحمل $و$ الواقع في قمة الحملون يقال ان الضلع المائل
احد مثله يمكن اعتباره مطلقا بتأثير رد الفعل $\frac{م}{ح}$ لنقطة الارتكاز
وبقوة الشدش وبالرفع الافقي الواقع في القمة وحينئذ نأخذ العزم
بالنسبة للرأس المذكور بناء على شروط التوازن يحدث



$$\frac{م}{ح} ل ح = ش ل ح$$

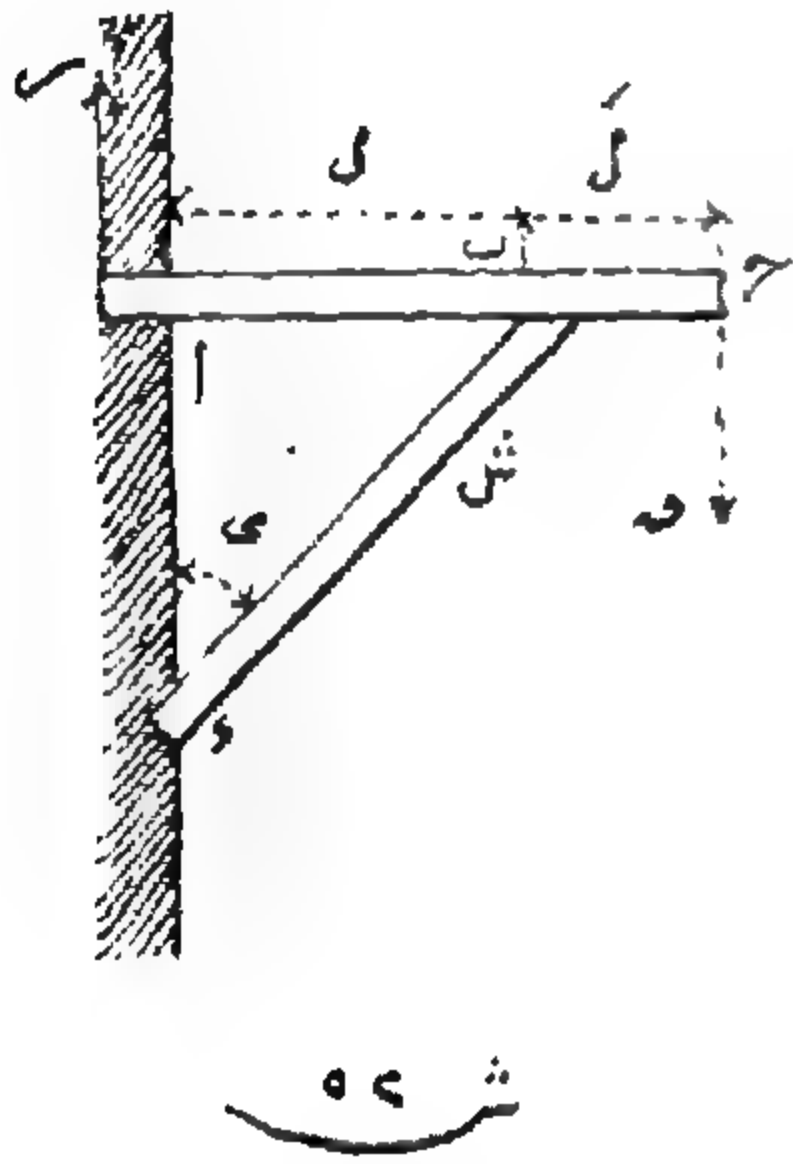
$$ش = \frac{م}{ح} \times \frac{ل}{ح} ط$$

$$ش = \frac{م}{ح} \times \frac{ل}{ح} ط$$

وبفرض ان $\frac{ل}{ح} = س$ يحدث

$$ش = \frac{م}{ح} ط$$

واذا فرض عتب افقي احده كما في شكل ٥٢ احدى نهايتيه ثابتة بحيث يمكن ان يدور العتب المذكور حولها اثناء
تحميل النهاية الأخرى المطلقة بحمل قدر $و$ مع كون العتب المذكور مقوى
من أسفل بالذراع $ب$ يرى انه في نقطة ١ يحدث من أسفل الى الاعلا رد فعل
ورد الفعل المذكور يلزم ان يتزن مع الحمل $و$ بالنسبة لنقطة $ب$ وحينئذ فيكون
مساويا الى $و \times \frac{ل}{ح}$ وعليه فنقطة $ب$ تكون محملة بحمل كلي قدر $و + و$ أعني
بالحمل $و \times \frac{ل + ل}{ح}$



وينتج من ذلك حينئذ ضغط قدر

$$\frac{و(ل + ل)}{ح}$$

واقع على الذراع $ب$ وجذب افقي قدر

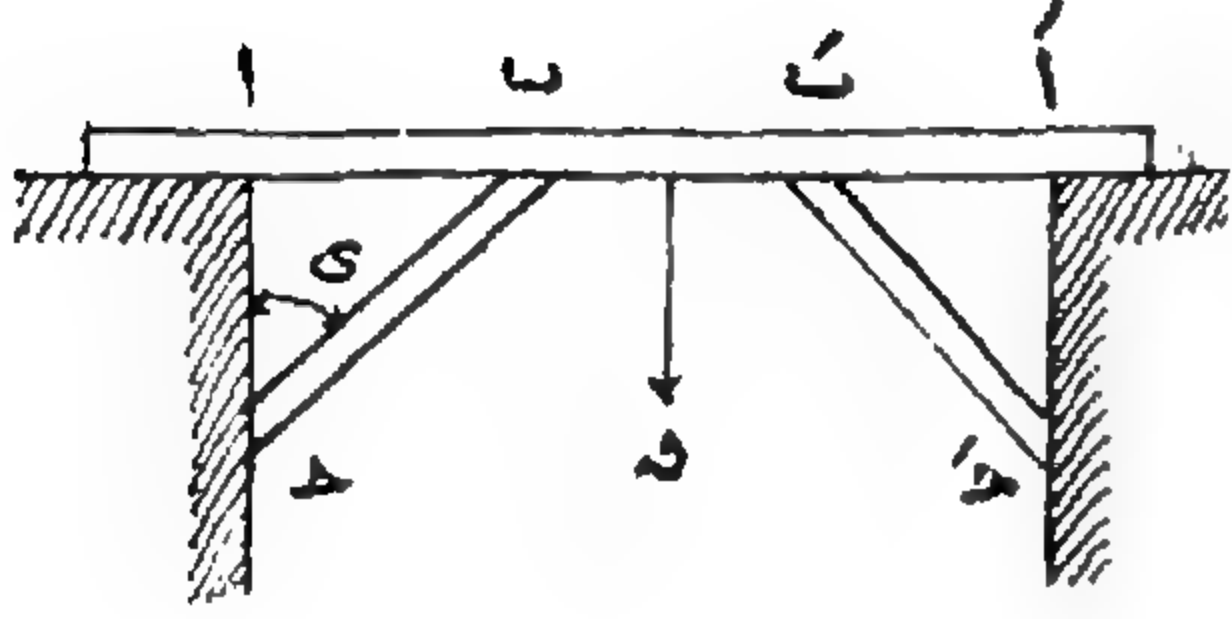
$$و \times \frac{ل + ل}{ح} ط$$

واقع على الجزء $اب$ واما من جهة الجزء $ب ح$ فانه يكون متأثرا بعزم الانحاء متغير ويمكن ان يأخذ
شكلا متساوي المقاومة مع ملاحظة أن التأثير الأعظم يكون حاصلا في القطاع الرأسى $ب$ الذى يكون
فيه مقدار عزم الانحاء مساويا الى $و ل$ وحينئذ يمكن اعتبار القطعة مثبتة في هذا القطاع حيث ان المماس

للخط

للخط المتوسط فيه يكون أفقيا

وإذا فرض أيضا التعشيق الكثير الاستعمال في القناطر الخشبية المركب كما في شكله من عتب أفقي مركب على نقطتي ارتكاز ١١، ١٢ ومقوى في نقطتي ١، ٢ بذراعي ١، ٢ وحمل ١، ٢ أما بانقل متعددة أو بنقل منتظم فإنه يمكن اعتبار القطعة ١٢ كعتب ذي ثلاث فتحات وحساب عزز الانحناء على نقطتي الارتكاز ثم عزز الانحناء في الفتحات بواسطة نظرية برنولي وكلايرون ثم حساب الحملين القاطعين الواقعين في نقطتي ١، ٢ بناء على النظرية المذكورة أيضا -



شكل ٥٢

ولا يخفى أن الحملين القاطعين المذكورين يتحولون إلى صغطين على اتجاهي الذراعين والى جذبين واقعين في الجزئين ١، ٢، ٢، ٣ ولكن الأحسن أن يتبع في العمل ما ذكره المعلم نافيي إذا أريد زيادة التأكيد من الاستدانة بأن يبني أحساب القطعة ١٢ على اعتبارها بعين اذرع ثم يحسب كل من الذراعين ١، ٢، ٢، ٣ باعتبار منفردا أيضا وحاملا للشغل في

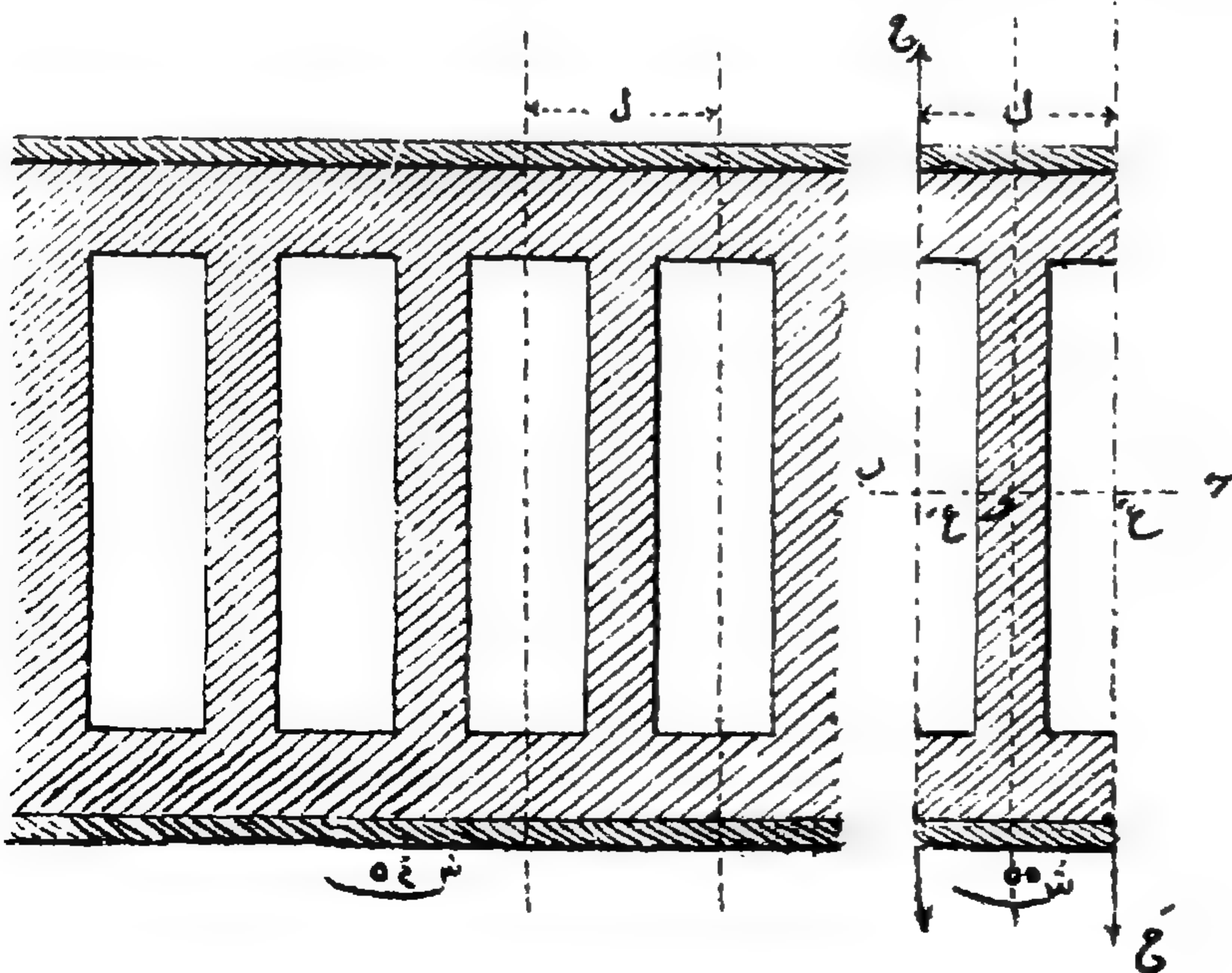
اتجاه محور

وقد شرحنا ذلك في أحد الأمثلة السابقة وحيث أن كلا من أجل المحملة بهذه الكيفية يكون أضعف من المحملة الحقيقية فمقادير الأبعاد المعينة بحسبها كما ذكر تكون فيها الكفاية وزيادة

وكذلك إذا فرضت قطرة محملة بحمل ثابت وحمل عارضى موزعين بانتظام ولو حفظ أن التعشيق في ١، ٢ يضعف القطعة الأفقية فإنه يمكن فرض قطعها في النقطتين المذكورتين وحساب الجزئين ١، ٢، ٢، ٣ كحبتين أفقيين مركبتين كل منهما على نقطتي ارتكاز ثم يحسب كل من الذراعين ١، ٢، ٢، ٣ مع تحميلها بما يقابل الجزء ١، ٢ وبالحمل المنتقل من الجزئين الجانبيين على نقطتي ارتكازها ١، ٢

وما ذكرناه من الأمثلة البسيطة كاف في كثير من الأحوال في إنشاء القناطر الخشبية في الاعتبار ذات الروح المفرغة والمثلثية والشبكية

في الاعتبار ذات الروح المفرغة - حيث أن التفاريغ التي تصنع في أرواح الاعتبار الزهر على الخصوص تؤدي إلى زعزعة



في الاعتبار المذكورة فقد استعملت من أجل ذلك وحيث نشغل بكيفية حساب هذا النوع من الاعتبار فنقول -

إذا فرض عتب ذو تفاريغ مستطيلة كما في شكله واعتبر جزء من العتب المذكور محصور بين مستويين رأسيين مارين بمقتضى تفرغين

متتابعين كما في شكله فهذا الجزء يتزن بتأثير الحمل W الواقع عليه مع الرمز H و L للنقل بالنسبة للمر الطولي وتأثير القوى الموجودة في مستوى القطاعين وهذه القوى على اليسار هي الحمل القاطع H والقوى المحدثه لعزم الانثناء E

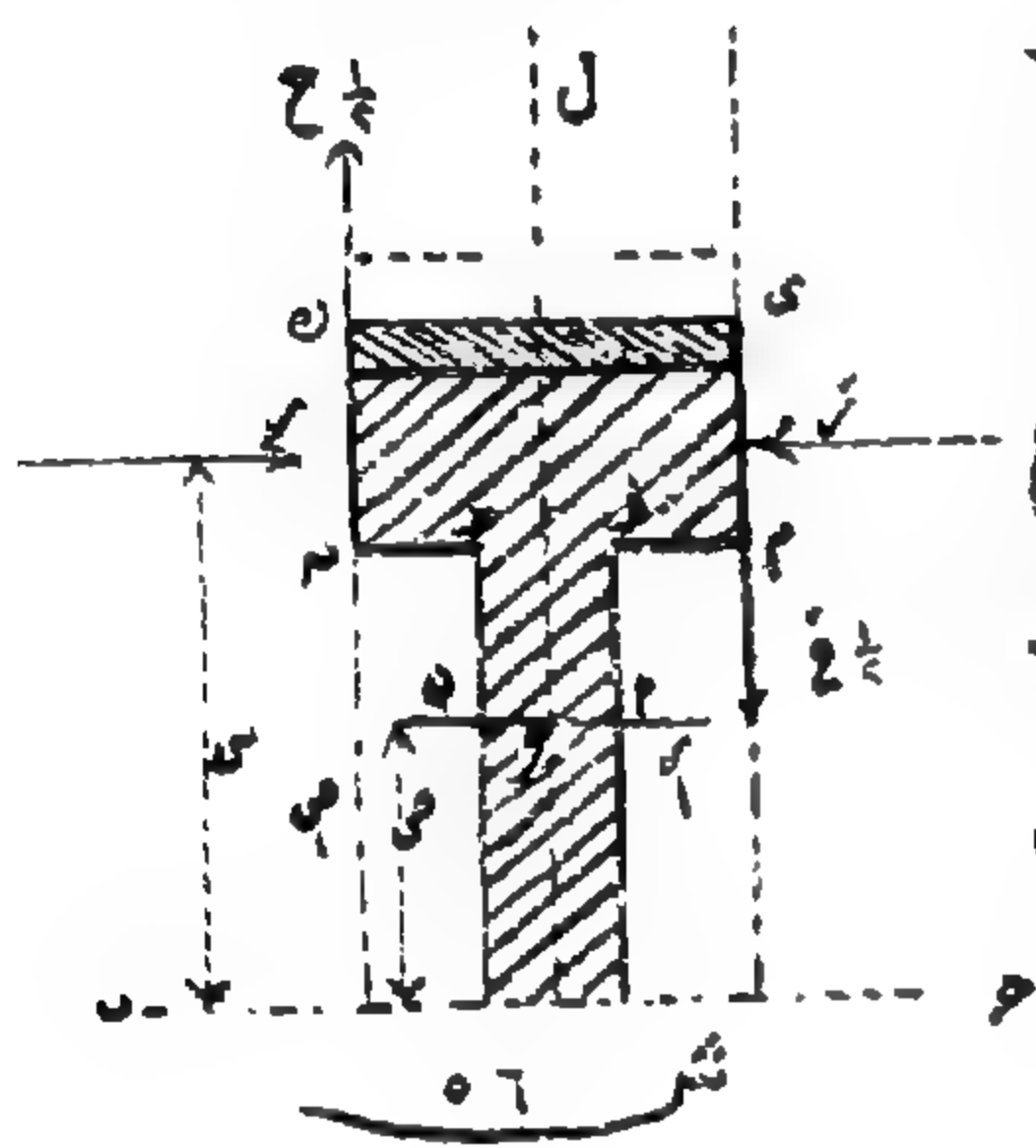
وعلى اليمين هي الحمل القاطع H والقوى المحدثه لعزم الانثناء E وحينئذ باستقاط القوى المذكورة على محور رأسى يحدث

$$H = H - W \dots \dots (1)$$

وبأخذ العزم بالنسبة لنقطة O يحدث

$$E - E = H \cdot L = (H - W) \cdot L \dots \dots (2)$$

ولنتبر الآن قطعة من هذا الجزء شكله محدودة بمستوى افقى AB متباعدة عن محور الحمل مسويين AB كما في الشكل فهذه القطعة تكون متزنة بتأثير الحمل الواقع عليها والقوى



الموجودة في الجزئين المقطوعين وهذه القوى على اليسار هي نصف الحمل القاطع $\frac{H}{2}$ والمحصلة R لردود الافعال التي مع نظيرتها من أسفل تحدث العزم E وعلى اليمين هي $\frac{H}{2}$ والمحصلة R لردود الافعال التي مع نظيرتها من أسفل تحدث العزم E ومن أسفل المحصلة R لردود الافعال الموجودة في المستوى الافقى AB التي عزمها E

وحينئذ اذا استقطت القوى الواقعة على القطعة المذكورة على اتجاه المحور AB يحدث

$$R - R = 0$$

وبأخذ العزم بالنسبة لنقطة O التي هي منتصف AB يحدث

$$E = \frac{H}{2} \cdot L - (R - R) \cdot \frac{L}{2} \dots \dots (3)$$

$$R = \frac{H}{2} \quad R = \frac{H}{2}$$

ولكن حيث أن

$$(R - R) = \frac{H}{2} \cdot L - E$$

فيكون

وبناء على معادلة (2) يحدث

$$E = (R - R) \cdot L = \frac{H}{2} \cdot L \dots \dots (4)$$

وليرى علينا الاتيين $R - R$ فاما R فهي محصلة التأثيرات العنصرية المتولدة بالانثناء في القطاع AB ومقدارها بموجب ما تقدم هو

$$R = \frac{H}{2} \cdot L$$

الذى فيه M رمز مقدار الشدة العظمى للقطاع اى رمز لمعامل المقاومة M و L رمز لبعد ابعاد المحيوط عن خط الحمل AB و R لقطاع عنصري حيثما اتفق L و M رمز لبعد مركز ثقله عن خط الحمل

$$R = \frac{H}{2} \cdot L$$

وعلى أن

فيكون

$$\frac{E}{P} = \frac{P}{E}$$

$$E = \frac{P}{P} = 1$$

$$E = \frac{P}{P} = 1$$

$$E = \frac{P}{P} = 1$$

$$E = \frac{P}{P} = 1$$

والعلامة μ تطبق على كل القطاع المنقط في μ وينتج من ذلك ان الفصوص الرأسية المكونة للروح عرضة في كل نقطة الى قوة انزلاقي μ والى عزز انحاء $E = \mu$ ويحصل النهاية الكبرى في الجزء فط اعني في محل اجتماع الفص بالرأس وبناء عليه يجب القطاع المجهول بالمعادلة

$$\frac{P}{P} = \frac{P}{P}$$

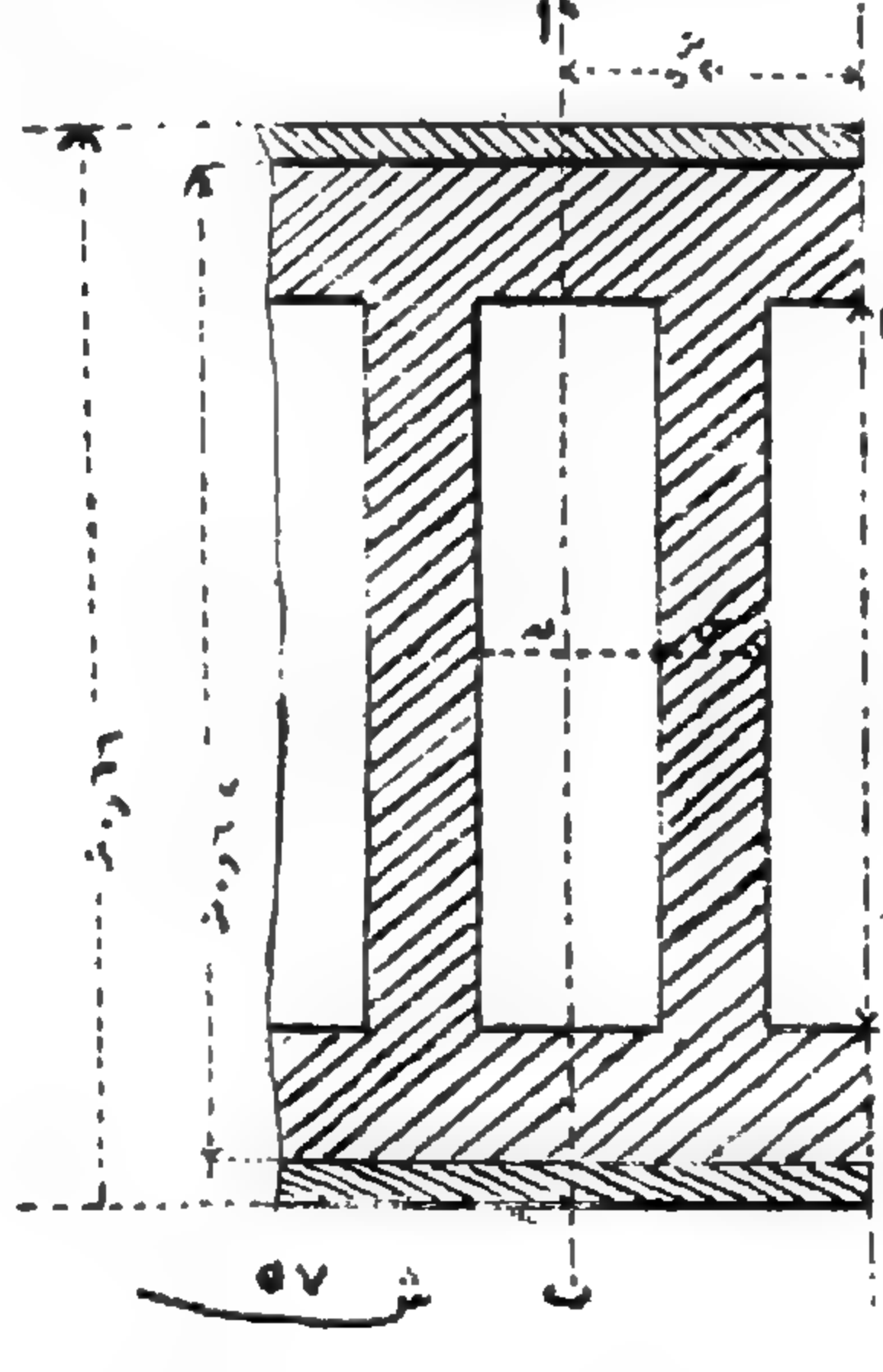
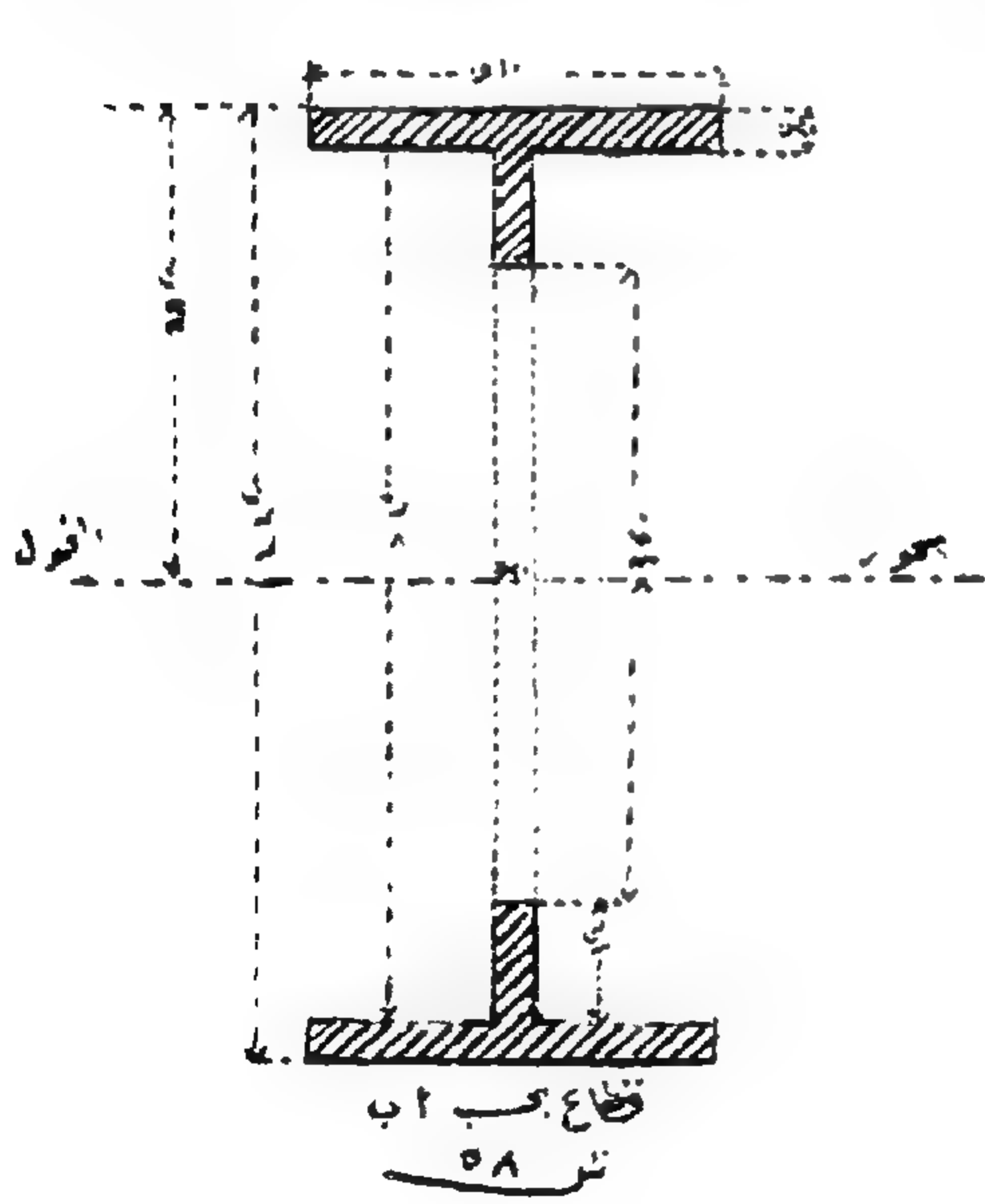
التي فيها μ رضى للبعد بين μ وخط الخمول

ويجب بعد ذلك ان يتحقق ما اذا كان هذا القطاع مقاوما للحمل μ أو لا وفق μ

وأما مجموعة العتب فتطبق عليها القوانين المعتادة مع جعل μ هما المقداران المنسوبان للمقطع الحادث اعلى واسفل التفريغ ويلزم زيادة على ذلك ان قطاع الجزء الموجود فوق التفريغ يكون مقاوما للائتداء الناشئ عن μ ح اعني أنه اذا مر بحرف μ لعرض التفريغ يكون القطاع المذكور مقاوما الى $\mu \times \mu$

ثم ان هذا القطاع أيضا يجب ان يتحمل الحمل القاطع μ ح

مثال رقمي - لنفرض عتبا من الزهر قطاعه كالمبين في شكل ٥٧ و٥٨ أعني ان ارتفاعه ٦٦ رمتا وعرضه



١٠ رمتا وسبك كل من الروح والراسين ٠٠ رمتا والمسافة بين كل تفريغين متتابعين من حدود الى آخر ٠٠ رمتا وارتفاع التفريغ ٤٤ رمتا ونفرض ان المسافة بين نقطتي الارتكاز ١٠ رمتا وأن معامل المقاومة يساوي ١٠٠٤ كيلوجرام على المتر المربع حينئذ يكون

$$\frac{1}{11} = \frac{1}{11} \times 10 - \frac{1}{11} \times 10 + \frac{1}{11} \times 10$$

$$= \frac{1}{11} \times 10 - \frac{1}{11} \times 10 + \frac{1}{11} \times 10$$

$$= \frac{1}{11} \times 10 - \frac{1}{11} \times 10 + \frac{1}{11} \times 10$$

وبذلك يكون الحمل الذي يمكن ان يحمله العتب مع الأمن على المتر الطولي بعد الرمز الطولي العتب بحرف μ هو

$$ن = \frac{٤٢٨}{٩} = \frac{٨}{١١} \times ٤ \times ١.٠٩ \times ١٠٠٠٠٠ \text{ أو}$$

$$ن = ٦٦٤٠٧٥ \text{ كيلوجرام}$$

ومقدار الحمل القاطع الأعظم فوق إحدى نقطتي الارتكاز يكون

$$ح = \frac{ن}{٢} = ٣٣١٣٧٥ \text{ كيلوجرام}$$

$$\text{وفي هذه الحالة } ح ك = \frac{١}{٨} (٠.١٠ \times ٦٦٤ - ٠.٠٨ \times ٦٦٤ - ٠.٠٤ \times ٦٦٤) \text{ أو}$$

$$ح ك = ٠.١١٦$$

وحيث هنا $ل = ٠.٢٠$ متر فيكون مقدار حمل الانزلاق بناء على معادلة (٤) هو

$$٧ = (٠.٢٠ \times ٣٣١٣٧٥ - \frac{٠.١١٦}{٢} \times ٦٦٤٠٧٥) \times \frac{١.١٦}{١٠٠٠٠٠} = ١١.٠٢٣ \text{ كيلوجرام}$$

$$\text{وحيث كان } ع = ٧ \text{ ص فيكون}$$

$$ع = ١١.٠٢٣ \times ٠.٢١ = ٢.٣١٤ \text{ كيلوجرام متر}$$

وإذا زمر جف س لعرض الفص الواحد يكون

$$٢.٣١٤ = \frac{٠.٢١ \times ٧ \times ٤}{٢} \text{ ومنها يحدث}$$

$$س = ١.٣١٧ \text{ متر}$$

ولاجل تحقيق المقاومة للانزلاق نبحث عما إذا كانت المعادلة

$$٠.٠٢ \times س \times ٤ = ٤ \dots \dots \dots \frac{٣}{٤}$$

متحققة أم لا

وحيث كان مقدار الطرف الأول للمعادلة المذكورة هو ١.٥٣٦ ومقدار الطرف الثاني هو ١.٦٥٣ وكان

مقدار الطرف الأول أكبر من مقدار الطرف الثاني فتكون المعادلة المذكورة متحققة أعني أن الفص يقاوم قوة الانزلاق

وزيادة

وكذا في هذه الحالة قطاع أحد الجناحين $ي م = ب$ مسطحه يساوي ٠.٠٤ متر مربعاً $١٦٥٦٨٧٥ = ٤١٤٤١٩$ فأذن يكون

$$\frac{٤١٤٤١٩}{٤} = \frac{٤٢٨}{٩}$$

وهو مقدار أقل من معامل المقاومة $٤ \dots \dots \dots$

ولأجل التحقق مما إذا كان القطاع المذكور يقاوم للغمز $ن = ٤ \times ح$ أمر لا يقال

اذ غرر مقاومة القطاع المذكور هو

$$\frac{٤٢٨}{٩} = \frac{٠.٠٠٣٤١٧٣ \times ١.٠٩ \times ٤}{٢} = ٤١٤٤١٦$$

$$\text{وحيث أن } ن = ٠.٢٠ - س = ٠.٢٠ - ١.٣١٧ = ٠.٠٦٨٣$$

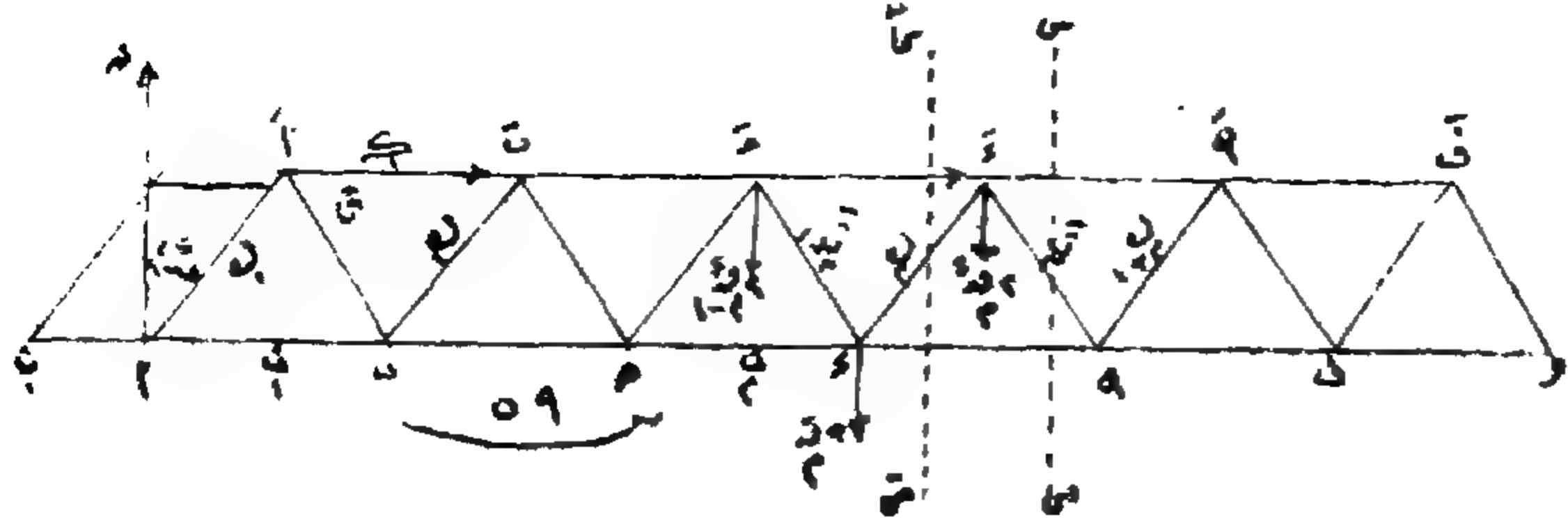
$$١٦٥٦٨٧٥ = ح \times ٤ \text{ فيكون}$$

$$١١٣١٦٥ = ح \times ٤$$

وهذا المقدار أصغر بكثير من مقدار غرر مقاومة القطاع المفروض أعني أن القطاع المذكور يقاوم للغمز $ن = ٤ \times ح$ وزيادة

فالاختبار

في الاعتاب ذات الروح المثلثية - هذا النوع من الاعتاب المبين في شكله ٥ يتركب من رأسين افقيين
 ا ب ح ، آ ت د ... مجتمعين معا بواسطة قطع مائلة صانعة مع الخط الرأسى زاوية γ ولحساب



هذا النوع من الاعتاب يبين ابتداء
 مقدار رد الفعل في الواقع من نقطة
 الارتكاز على نهاية العتب بناء على الحل
 الواقع على العتب المذكور وسيل ان

جميع القطع التي تقاطع في رؤوس الخط المتكسر ا ب ت ... مفصلة في تلك الرؤوس
 ومن السهل تعيين مقدار الشد أو الضغط الواقع على كل من القطع المذكورة بالطريقة الرسمية بواسطة
 متوازي أضلاع القوى

وحينئذ بالابتداء من النهاية ٢ فإن رد الفعل في تحتل الجذب في الرأس ا ب والضغط في القضيبة
 ١٢ و بانتقال هذا الضغط في ١ وتحصيله مع الحمل الخارج الواقع في ٢ فإن محصلها تتوزع فيما بين الفحة
 الأولى آ ت من الرأس العليا وبين الشداد آ ب الذي يكون حينئذ متأثرا بشد
 وعينه تكون نقطة ب متأثرة بقوتين احدهما الجذب المتجه في اتجاه ٢ والأخرى الجذب المتجه في
 اتجاه آ ب ومحصلة هاتين القوتين مع الحمل الذي يمكن ان يكون واقعا مباشرة في نقطة ب من الرأس السفلى
 للعتب تتحلل الى قوتين احدهما في اتجاه ب د والأخرى في اتجاه د ت
 وباجراء العمل على هذا المنوال لغاية النهاية الأخرى للعتب يحصل على مقادير الشد ود والضغط الواقعة
 على جميع القطع المائلة وعلى جميع فتحات الرأسين
 وهذه الطريقة الرسمية كثيرة الاستعمال متى كان عدد الفتحات قليلا ويحصل بها بمقياس كبير على نتائج
 مضبوطة بسرعة ويمكن بواسطة النتائج المذكورة رسم منحنيات يرى مباشرة منها تغير الضغط في كل
 من رأسى العتب وفي كل من جملتى الشدادات المائلة

ولكن الا صوب على العموم الاتجاه الى الحساب واستعمال القوانين التي سنشرحها
 ولذلك نعتبر رأسين متتابعين ا ب ك انا من فتحة نزع ترتيبها م ونرمز بالرمز γ ت لشد الحظين
 د و ه و بالرمز δ لضعف الحظين د و ه و بالرمز ϵ γ δ ϵ γ δ ϵ للحظين الكليين
 الواقعين في الرأسين د و ه

ونفرض ان العتب مقطوع بمستوى رأسى م ا بين د و ه ونعتبر ان التوازن حاصل في القطاع المتحصل
 وحينئذ فردود أفعال جزء العتب الموجود على اليمين تكون هي أولا الضغط δ ونايما الشد γ وثالثا
 الشد ϵ والتوازن يكون حاصل بين ردود الأفعال المذكورة وبين جميع القوى الخارجة الواقعة
 على العتب فيما بين القطاع المذكور وبين النهاية ١ مع اعتبار رد الفعل في نقطة الارتكاز الذي
 يمكن تعيينه بسهولة بواسطة علم الاستاتيكا ضمن هذه القوى

وحيث ان التوازن حاصل فيكون مجموع مساقط جميع القوى على محور ما معدوماً وحينئذ باسقاط القوى على الرأسى س ص يكون

$$\text{ت حـاى} - \text{هـ} + \text{و} + \text{حـ} (\text{م} + \text{م}^{\text{ت}}) = \dots \dots (١)$$

وبالاسقاط على محور افقى يكون

$$\text{ت حـاى} + \text{م} - \text{م}^{\text{ت}} = \dots \dots (٢)$$

ولنفرض الآن ان العتب ليس مقطوعاً فيما بين د هـ وانه مقطوع فيما بين د و ا وحينئذ ردود افعال الجزء المحذوف من جهة اليمين تتكون من الضغطين م م^ت ، م^ل المتجهين من اليمين الى اليسار ومن الشد م^ت المتجه من اليسار الى اليمين والتوازن يوجد أيضاً بين تلك القوى وبين جميع القوى الخارجة الواقعة على العتب بالابتداء من القطاع المعتبر لغاية النهاية ١ وحينئذ يجعل مجموع مساقط جميع القوى المذكورة على كل من المحورين الرأسى والافقى معدوماً يحدث

$$\text{م}^{\text{ل}} \text{ حـاى} - \text{هـ} + \text{و} + \text{حـ} (\text{م}^{\text{ت}} + \text{م}^{\text{ل}}) = \dots \dots (٣) \quad \text{و}$$

$$\text{م}^{\text{ل}} \text{ حـاى} + \text{م} - \text{م}^{\text{ت}} = \dots \dots (٤)$$

فمن معادلتى (١) ، (٣) يستخرج مقداراً م^ل ، م^ل بدلالة رد فعل نقطة الارتكاز والاحمال الواقعة على العتب وهى كميات معلومة من منطق المسألة واذ اجمعنا معادلتى (٢) ، (٤) على بعضهما يحدث

$$\text{م}^{\text{ل}} - \text{م}^{\text{ت}} = \text{م}^{\text{ل}} (\text{م}^{\text{ت}} + \text{م}^{\text{ل}}) \text{ حـاى} \dots \dots (٥)$$

ومن هذه المعادلة يستخرج على التوالى المقادير المتتابعة للكميات م بناء على كون المقدار الابتدائى م مساوياً الى

$$\text{هـ} - \text{و} - \text{م}^{\text{ت}} \text{ طـاى}$$

كما يعلم ذلك مباشرة من رسم متوازى اضلاع القوى من ٦ ، ٢ واذ عوضنا في معادلة (٢) الرمز م بالرمز (م-١) فان المعادلة المذكورة تكون صحيحة وتؤول الى

$$\text{م}^{\text{ت}} \text{ حـاى} + \text{م} - \text{م}^{\text{ت}} = \dots \dots (٦)$$

ويجمع معادلتى (٦) ، (٤) على بعضهما يحدث

$$\text{م}^{\text{ل}} - \text{م}^{\text{ت}} = \text{م}^{\text{ل}} (\text{م}^{\text{ت}} + \text{م}^{\text{ل}}) \text{ حـاى} \dots \dots (٧)$$

ومن هذه المعادلة يستخرج على التوالى المقادير المتتابعة للكمية م بناء على كون المقدار الابتدائى م مساوياً الى هـ طـاى كما يرى من متوازى اضلاع القوى المرسوم من ٢

ومن معادلتى (١) ، (٣) يستخرج مقداراً م^ل ، م^ل وحينئذ يكون

$$\text{ت} = \text{هـ} - \text{و} + \text{حـ} (\text{م}^{\text{ت}} + \text{م}^{\text{ل}}) \dots \dots (٨)$$

$$\text{م}^{\text{ل}} = \text{هـ} - \text{و} + \text{حـ} (\text{م}^{\text{ت}} + \text{م}^{\text{ل}}) \dots \dots (٩)$$

ومن معادلتى (٥) ، (٧) تستخرج المقادير المتتابعة للكميات م ، م^ل والمسألة تكون حينئذ محلولة فى جميع

جميع عومياتها

ولكن في العمل تكون القوانين أبسط من ذلك حيث ان الاحمال تكون دائما موزعة بانتظام على احدى الرأسين كالرأس السفلي مثلا وحينئذ يقتضى جعل q ثابتا ما q معدوما مهما كان الرأس الموجود أسفل ومن جهة أخرى متى أريد البحث عن تأثير حمل وحيد فتحدد جميع مقادير q ، q ماعدا واحدا منها وسنختار هاتين الحالتين مع الإيجاز فنقول :-

القوانين في الحالة التي يكون فيها الحمل وحيداً - لنفرض أن العتب يكون من فئات عددها n كل منها مثل 1 وأن الحمل الوحيد q واقع في نهاية الفتحة التي ترتيبها s وحينئذ في القوانين السابقة يكون مجموع q ، q معدومين متى كان m أقل من s ومتى كان m أكبر من s فإن مجموع q يبقى معدوما بخلاف مجموع q فإن مقداره يكون ثابتا وسأويلليني q وحينئذ فالثقل q يوزع على نقطتي الارتكاز بنسبة عكسية لعدد الفئات المحصورة بين الثقل المذكور وبين نقطتي الارتكاز ويحدث

$$q = \frac{q \cdot (n - s)}{s}$$

وبمراعاة هذه المعاليم في قانوني (٨) ، (٩) يحدث

$$p = \frac{q}{s} = \frac{q}{s}$$

متى كانت m محصورة بين 1 ، $(s-1)$ ويكون

$$p = \frac{q}{s} = \frac{q}{s}$$

متى كانت m محصورة بين s ، n

وحينئذ متى اخذت m في تجاوز s فإن اتجاه الشد والمنتقلة على القضبان المائلة يتغير في الحال والقضبان التي تميل نحو اليسار تكون مضغوطة والتي تميل نحو اليمين تكون مشدودة وتحدث الحالة العكسية بدون أدنى انتقال بحيث ان القضبان الأولى تكون متأثرة بالشد والقضبان الثانية تكون متأثرة بالضغط وإذا اعتبر قضيب مثل q فكل ثقل موضوع في الاتجاه الرأسى المار بأحدى الرؤوس الموجودة على الرأس السفلى على يسار نقطة q يحدث للقضيب المذكور تأثير شد وكل ثقل موضوع في q أو على يمينها يحدث له تأثير ضغط

والتوفيق المنسوب للحمل العارضى الذي يحدث اعظم شد يحصل عندما تكون جميع الرؤوس الموجودة على يسار نقطة q هي المحملة فقط والتوفيق الذي يحدث اعظم ضغط يحصل عندما تكون جميع الرؤوس الموجودة على يمين نقطة q هي المحملة فقط

وأما بالنسبة لتوفيق حيثما اتفق للحمل العارضى فإن الحمل الواقع على القضيب q يصير بين النهايتين العظميتين للشد والضغط السابقين وحينئذ يكون من المفيد بالنظر للاستدامة حساب هاتين النهايتين

ولنستعمل الآن حساب المقادير المتتابعة للكميتين t ، u فنقول ان معادلة (٥) التي يستخرج منها مقدار r يمكن وضعها بالصورة الآتية بملاحظة أن m ، p كيتان متساويتان على الدوام وان مقدارهما المشترك r هو

وهي $\text{ك} - \text{م} = \text{ك}$ ، سر حاي
وبإعطاء م المقادير . راو، و٣ و٤ و..... على التوالي مع ملاحظة ان $\text{ك} = \text{ك}$ ، $\text{ك} = \text{ك}$ ، و طاي
يحصل على مجموعة العلاقات الآتية

$$C_{\text{های}} = \frac{C_1}{1} - \frac{C_2}{2}$$

$$b_{\text{res}} = \frac{S}{2} - \frac{S}{4}$$

.....

$$e = \frac{K}{1-M} - K$$

ويجمع هذه المعادلات الى بعضها طرفاً بطرف يحدث

$$c + (1-p)c = \frac{K}{r}$$

ومتى تغيرت م من ١ الى س فان س تكون مساوية الى $\frac{1}{\text{حماي}}$ ويكون

$$\frac{1}{m} = m_2 \text{ طای} = m_2 \text{ قه} \times \frac{s-p}{q} \text{ طای} \dots (5)$$

ومتى تغيرت m من s الى j فإنه يلزم ان يضاف الى مقدار $\frac{1}{m}$ الناتج من معادلة (٤) الذي يحيل

فیه م = س مقدار (م-س) مکرراً للخاص $\frac{س}{م}$ مع جعل مساویا الی - $\frac{س}{م}$ و حینئذ

$$K = \frac{2-2}{3} \times 10^5 \text{ طای}$$

ويوحد بالمثل المقادير المتتابعة للكمية t بواسطة معادلة (٧)

وہی من القوانين ان کے مات یكونان موجبین دائماً مہما كان وضع الحمل وأن ای حمل وحید حیثما اتفق

معلق في الرأس السفلي للعبت يحدث ضغطا للرأس العليا وسنذكر الرأس السفلي وحيث ان تأثيرات القوى

تتمتع بما في أن التأثير الأعظم يحصل على الرأسين متى كان اللعب بتمامه محسباً

القوانين في الحالة التي يكون فيها الحمل موزعاً بانتظام - وهذه الحالة يكون كل من النجاسات التي عددها

اللعيب يحمل بثقل قدمه ، وه يكون ثقل مضى الفتحين المتطرفين مستقلا مباشرة على الحاملين ومدومبا تأثير

رد فعل مسأوله

وحيث رد الفعل به لكل من الحاملين يكون مساويا الى (ج-١) ومن قانوني (٨) ، (٩) يحدد

$$(10) \dots\dots\dots \frac{(1 - 2 - 3) \text{ حای}}{\text{حای}} = \frac{(1 - 2) - 3 \text{ حای}}{\text{حای}} = 1$$

ومن معادلة (هـ) نحصل المقادير المتتابعة للكمية k ويحدث

$$(1 - \mu - \beta) \text{ های } = \left(\frac{p}{m} + \frac{p}{m} \right) = \frac{p}{m} - \frac{p}{1+\mu}$$

ويجعل م = انا، اسما، ... على التوالي يحدث

$$L \quad \text{طای} (1-c-p) \cdot \bar{v}_c = \sum_1 - \sum_2$$

$$(1 - \epsilon x_c - \rho) \bar{v}_c = \frac{c}{\epsilon} - \frac{c}{\mu}$$

$$(1 - 3 \times 10^{-2}) \bar{v}_c = \frac{c}{\lambda_1} - \frac{c}{\lambda_2}$$

.....

$$[(1-p) - [(1-p) + \dots + n + c + 1]c - \frac{1}{2}(1-p)] \text{ طای } x_c = \frac{c}{1} - \frac{c}{2}$$
$$(11) \dots\dots\dots (m-2) \times \text{طایفه} = \frac{K}{m}$$

یحدث $\frac{1}{14} - \frac{1}{2} = (\frac{1}{14} + \frac{1}{2})$ حای او

$$c = \frac{t}{m} = \frac{t}{14m} \quad \text{وقطای (۲-۴۰)}$$

۱. $\frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$ طای (۲-۱×۱)

ل $(x_1 - 1)u_1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{4}$

$$(3x-2) \log 2 = \frac{1}{2} \dots \frac{1}{2}$$

6

$$T_m - T_c = \frac{1}{h} [(1-m) \tau - \eta] \text{ طای}$$

ت = v طای = c (۱-β) طای × $\frac{1}{\gamma}$ بكون

$$(۱۲) \dots\dots \left[\frac{1+p}{q} - (1+r-p) \right] \text{ طای } = \dots\dots\dots$$

وإذا جئنا بواسطة قانون (١١) عن النهاية العظمى للقوة $\frac{1}{m}$ يرى أنها غصل عند ما يكون $m = \frac{2}{r}$ وإذا جئنا

عن النهاية العظمى للمقام m بقانون (١٢) يرى انها تحصل عند ما يكون $m = \frac{1+p}{p}$

وهاتان النهايتان متصلان حيثئذ بالقرب من وسط العتب وأن ضغط الرأس العليا العتب وشدة الرأس السفلى له يأخذان في التزايد بالابتداء من الكاملين الى وسط العتب

وحيث أن النهاية العظمى للقوة تكون مساوية إلى $\frac{1}{2} \text{ طاي } \times \frac{1}{2}$
والنهاية العظمى للفرق تكون مساوية إلى $\frac{1}{2} \text{ طاي } (1 - \frac{1}{2})$
وهذان الكميّتان يكونان متساويتين تقريبا متى كان عدد الفئات كبيرا جدا
وكذا الشدود والضغط في رأس العتب تتغير في الجهة العكسية لشدود وضغوط القضبان المائلة -
فالاول يتزايد والآخر يتناقص بالابتداء من النهايتين إلى وسط العتب
في تشابه الاعتبار الشبكية إلى الجمل المثالية - تشابه الاعتبار الشبكية للجمل المثالية التي حسابها أمر
دقيق نوعا ويظهر من بادئ الأمر أنه ليس صحيحا بالضبط إلا أنه مقبول ولا يؤدي إلى نتائج رديئة في العمل
وحيث يمكن اعتبار التشابه المذكور محققا تحقفا كافيا
ففي الجملة الثلاثية الرأس الأفتيا $أ ب \dots \dots$ مكونتان من قطع مفصلية في كل من رؤوسها وأما في
الاعتبار الشبكية فإن الرأسين مكونتان من الواح مستقيمة من الصاج موضوعة أفقيا وحيث أن طول الاعتبار
المذكور كبير جدا بالنسبة لباقي أبعادها فإن انحناءها يكون كبيرا جدا ويمكن اعتبار أنها تحتوي على
مفصلة أو تقشيق في نقطة حيثما اتفقت من طولها
وحيث إذا اعتبرنا قضيبين مائلين مثل $أ ب$ فيصير تعويضهما بجملة من القضبان المتوازية الموزعة بين
 $أ ب$ وبين $ب$ بحيث يكون مجموع القطاعات العرضية لتلك القضبان مساويا للقطاعين
الناجمين من الحساب بالنسبة للقضيبين $أ ب$ ويمر مثل ذلك بالنسبة للقضبان $أ ب \dots \dots$ المائلة
في الجهة المضادة
ويعتبر أيضا أن القوى $أ ب$ السابق حسابها تتوزع فيما بين جميع القضبان المائلة التي تتقابل مع
القاعدة $أ ب$ التي اعتبرناها أفقية في العتب ذي المثلثات ولا يستغرب من هذا الفرض إذا لوحظ أن $أ ب$
يكون دائما كسرا صغيرا جدا من السعة الكلية للعتب وأن تغير القوى المنتقلة على القطع المائلة يلزم أن
يكون ظاهرا قليلا على الطول المذكور الصغير جدا
وحيث أن حساب العتب الشبكي يكون سهلا بالنسبة لكل نقطة من الرأسين ويحصل على الشد أو الضغط
الذي يتوصل به إلى حساب القطاع بناء على المقدار اللازم لتشغيل المادة بحسبه بالنسبة للوحدة السطحية
وبالمثل بالنسبة لكل حزمة من القضبان المائلة المقابلة للقاعدة $أ ب$ لمثلثات الجملة المتولدة عنها الحزم
المذكورة يقسم التأثير الكلي على عدد قضبان الحزمة فيحصل على التأثير بالنسبة لكل قضيب من القضبان المذكورة
وعليه فيحسب قطاعه
وقد يرى أن قطاع كل من الرأسين يأخذ في التزايد من طرفي العتب إلى وسطه بخلاف قطاع حزم القضبان
المائلة فإنه يأخذ في التناقص
ومن المعلوم أن خواص الشبكة تكون مبرشمة من أعلى ومن أسفل في زاويتين مبرشتين في رأس العتب وإن
البرشة توضع على الحامي وتشتل على حمله مسامير برشام وحيث فلا يوجد حقيقة مركز تقشيق في أطراف

القضبان المائلة وإنما من المحتمل أنه مع الزمن تنعم البرشمة وينشأ عنها بعض حركات ولكن في الواقع ونفس الأمر يكون التعشيق معدوما وجار منعه بالكلية

وزيادة على ذلك فالقضبان المائلة في الجهة المضادة عند تقابلها مع القضبان الأولى جاري تجمعها معها بواسطة مسامير برشام وتكون حينئذ مع القضبان الأولى المذكورة جسما واحدا مع كون هذا الأمر مخالفا بالكلية للنظرية التي نحن بصدددها وكذا يسلم بالأمر غير المبرهن عليه بالكلية وهو أن هذه التغيرات ليس المقصد منها الاتقوية الجملة وإنما المقصد الوحيد من النظرية التي ذكرناها هو عدم التوصل في العمل إلى نتائج وخيمة ملحوظات على الشبكات - وباعتبار الاعتبار الشبكية طمحا يرى أن جملة مثل هذه يلزم أن توصل إلى تقليل ثقل العب وبناء على أنه يحصل فائدة من إبعاد الخيوط المقاومة المكونة للعب عن محور المحول وحصرها في شريطين متباعدين عن بعضها بمسافة أعظم مما يمكن قد صار حذف الجزء الوسطى القريب من محور المحول وتحويل الجزء المصمت من العب إلى شبكة ولكن هذا الأمر تحقق عدم صحته بالتجربة وبالعلم النظري فقد ظهر من التجربة أنه إذا تجاوز وفر المعدن الداخل في تركيب نقطة شبكية خدامينا فإنه يكون دائما مضرا بنكت القطرة المذكورة

وقد أظهر العلم النظري الفائدة التي تعود في مقاومة العب من الروح التي تربط رأسيه ببعضها سواء كانت تلك الروح مصمتة أو مفرغة وليبيان ذلك نقول

حيث أن الروح هي العنصر الذي به تنتقل قوى الشد والضغط من رأس إلى أخرى في العب الواحد فحتاج حينئذ لمادة بالنظر لهذه الشغل الضروري للتوازن العنصرى للانشاء وبملاحظة أن الحمل القاطع ح يكون تقريبا واحدا في العب الشبكي وفي العب ذي الروح المصمتة متى كان طولها واحدا وكان كل من الحمل الثابت والعارض في كلاهما واحدا وأن الحمل القاطع في العب الشبكي يؤثر بالميل على قضبان عددها n التي يمكن تشغيلها بحمل أعظم قدره m بالنسبة لليلومتر المربع من القطاع فيكون المقدار الأصغر للقطاع العمودي لتضيق مبينا بالكسر الآتي وهو

$$\frac{c}{n \times h \times m}$$

وحينئذ فحم الشبكة بالنسبة لطول صغير جدا قدره l من العب يكون مساويا إلى

$$\frac{c}{n \times h \times m} \times \frac{l}{h \times m} \times \frac{c}{h \times m} \text{ أو إلى } \frac{c \times l}{m \times h \times m}$$

وهذا المقدار يؤثر في حالة ما تكون $y = 0$ وهي الحالة الأعظم موافقة إلى

$$\frac{c \times l}{h \times m}$$

ففي العب ذي الروح المصمتة الموضوع بالشروط السابقة قطاع الروح ينتج من معادلة $\frac{c}{h} = \frac{h}{m}$ وأما الحجم الجزئي للروح المذكورة يكون هو $\frac{c \times l}{h \times m}$ اعني نصف المقدار السابق

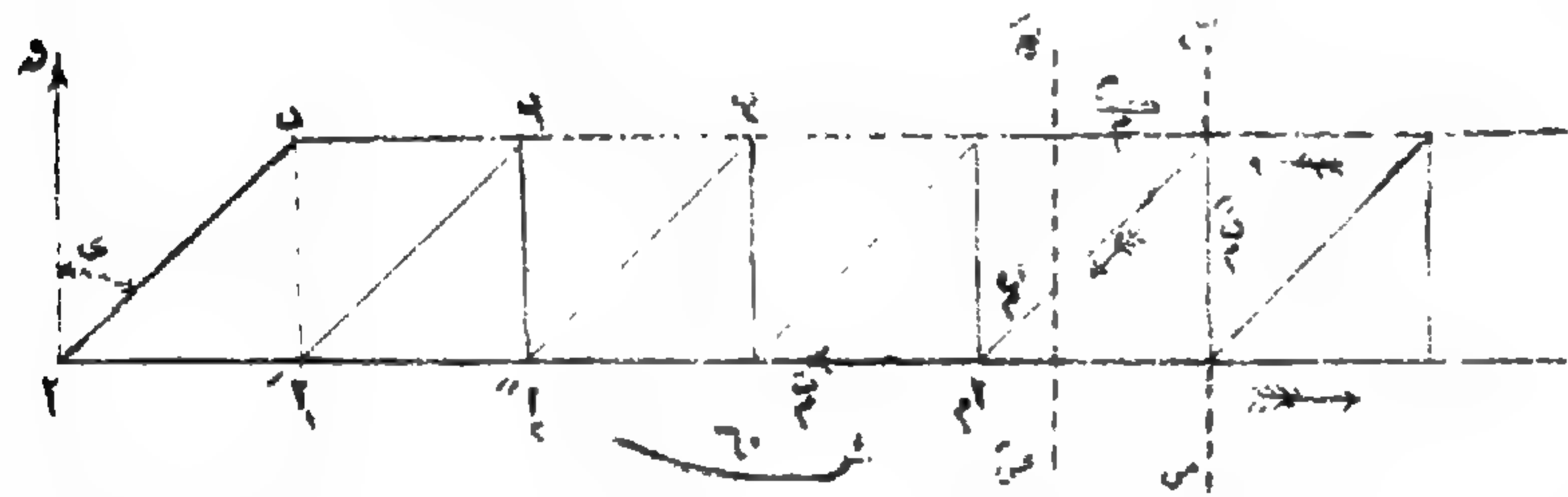
وحينئذ فالروح المفرغة الشبكية تتكون من معدن ضعف المعدن الآخر لروح مصمتة

وقد قال المهندس كولينيون أيضا أنه رغما عن قلة الوفرة في الاعتبار الشبكية فإنه غير جائز تركها واستعمال الاعتبار ذات الروح المصمتة خاصة بل أن خفة الشبكة المرسومة جيدا والمنظر المنفرد للروح المصمتة هما اللذان أوجبا دائما كثيرا من المنئين تفضيل الجملة التي يراح إليها النظر عن الجملة التي ليس لها فضل سوى الروح من أى قلة المصروف

والجمله فان الارواح الشبكية اقل من الارواح المصمتة وأدنى من ضمن الميول المختلفة للشبكة ميل ٥٥°
هو الأكثر فائدة عن غير

الاعتاب التي على طريقة هوف أوجون - يعرف في أوروبا بأن عتب هوف هو الذي يصنع من الخشب والحديد معا ويستعمل على العموم في القناطر الوقتية وأما تكوين العتب المذكور بتمامه من المعدن يعرف في أمريكا باسم عتب جتون

فالشکل المہموی لعب ہونے کے کافی شکوک من راسین افقیہ ۱۱۱! ... پ پ پ ... مجتمعین مع



بعضها بجملة قضبان بعضها رأسية وبعضها
مائلة وصانعة مع الرأسى زاوية ١٥ فالقضبان
الرأسية لا تستغل الا بالشد وهي من الحديد
واما القضبان المائلة فلا تستغل الا بالضغط

وهو من الخشب أو الحديد الزهر وبواسطة قلوة موجودة في القضان الرأسية يمكن تثبيتها بحيث تستغل بالشغل المفروض لها وأما القضان المائلة فهي مثبتة جدا بحيث تستغل فقط بالضغط

ومن البديهي ان هذا الشكل يحتاج الى دقة عظيمة اثناء التركيب حتى لا يحصل فصل اللحامات من بعضها مع الزمن بتأثير الاهتزازات

وحينئذ يلزم من وقت الى آخر التحقق من جودة ارتباط القطع ببعضها حتى تكون دائما مقاومة للاحمال الكاملة لها والطريقة البسيطة التي استعملت لحساب الضغوط أو الشدود الواقعة على القطع المختلفة للشبكة المثلية يمكن تطبيقها بالضبط في هذه الحالة

فمنه بالزمن $\bar{\text{ت}}$ لشدة الجزء $\text{م} ١$ $\bar{\text{ل}}$ من الرأس السفلى للعب وبالزمن $\bar{\text{ك}}$ لضغط الجزء $\bar{\text{ب}}$ $\bar{\text{ب}}$ من الرأس العليا للعب وبالزمن $\bar{\text{ت}}$ لشدة الساق الرأسى $\bar{\text{ب}}$ $\text{م} ١$ وبالزمن $\bar{\text{ك}}$ لضغط الساق المائل $\bar{\text{ب}}$ $\bar{\text{ل}}$ ولنفرض أنه يوجد رأس مثل $\text{ع} ٢$ عدها ج بين طرفي العب ج وأنه معلق في كل منها ثقل قدم $\text{ع} ٢$ فحينئذ يكون رد الفعل ه للمحصل مساويا ه ه

ثم نقطع العتب بمستور رأسي س ص ماراً بالرأسي ب ونعقبه ان التوازن حاصل في هذا القطع بفرض حذف الجزء الأيمن وجبثه يقتضي ان يضاف الى القوى الخارجة الضغط م $\frac{1}{4}$ والكشد م $\frac{1}{4}$ ثم الشد م $\frac{1}{4}$ وحيث ان جميع القوى المذكورة متزن فيكون مجموع مساقطها على محور ما معدوماً وحينئذ باسقاط القوى المذكورة على الرأسى ثم على الافق يحدث

$x^2 - \frac{1}{2}$

$$\begin{aligned} \text{ت} - \text{ه} + \text{م} = \text{ق} \quad \text{أو} \quad \text{ت} = \text{ه} - \text{م} + \text{ق} = \text{ق} - (\text{م} - \text{ه}) \\ \text{ك} - \text{م} = \text{ت} \quad \text{أو} \quad \text{ك} = \text{م} - \text{ت} \end{aligned}$$

ويقطع العتب بمستور رأسى متوسط س ص واعتبار حصول التوازن بين جميع القوى الخارجة وردود الأفعال الناتجة من جزء العتب الموجود على يمين القطاع المذكور ومراعاة نظرية استقاط القوى المذكورة على محورين أحدهما رأسى والاخر افقى يحدث

$$\text{حأى} \times \text{م} = \text{ه} - \text{م} + \text{ق} \quad \text{أو} \quad \text{م} = \frac{\text{ق} - (\text{ه} - \text{م})}{\text{حأى}} = \frac{\text{ت}}{\text{حأى}} \dots (١)$$

فمعادلتا (١)، (٢) تشملان على الحل التام للمسألة وتسمحان بحساب القوى الواقعة على جميع القطع على التتابع ومع ذلك فقانون (٢) يمكن وضعه بالصورة الآتية وهي

$$\text{ت} = \text{ت} + \text{ق} - \text{طأى} (\text{م} - \text{ه})$$

وحيث جعل $\text{م} = \text{ا د ر} \dots$ على التوالى وملاحظة أن $\text{ت} = \text{ه} - \text{طأى} = \text{ق} - \text{طأى}$ يحدث

$$\begin{aligned} \text{ت} &= \text{ق} - \text{طأى} \\ \text{ت} &= \text{ت} + \text{ق} - \text{طأى} (\text{م} - \text{ه}) \\ \text{ت} &= \text{ت} + \text{ق} - \text{طأى} (\text{ه} - \text{م}) \end{aligned}$$

وجميع هذه المعادلات المبعثرة طرفاً بطرف وملاحظة أن مجموع الأعداد الصحيحة الأول التى عددها ه يساوى $\frac{\text{ه}(\text{ه}+١)}{٢}$ يحدث

$$\text{ت} = \text{ق} - \text{م} (\text{ه} - \text{م} + ١) - \text{طأى} = \text{ك} \dots (٣)$$

وباعتبار هذه المعادلة مع معادلتى

$$\begin{aligned} \text{ت} &= \text{ق} - (\text{م} - \text{ه}) \\ \text{ك} &= \frac{\text{ق} - (\text{م} - \text{ه})}{\text{حأى}} \end{aligned}$$

يمكن حساب جميع اجزاء المسألة

ويرى من ذلك أن النهاية العظمى للكميتين ت ، ك تحصل فى المضيئ الأقرب للحاملين وتأخذ تلك النهاية فى النقص الى أن تنعدم فى وسط العتب بخلاف الكميتين ت ، ك فإن نهايتهما العظمى تكون فى وسط العتب وتأخذان فى النقص بمجرد قربها للحاملين وزيادة على ذلك فإن هاتين الكميتين موجبتان دائماً بخلاف الكميتين ت ، ك فإن اشارتهما تنعكس فى وسط العتب وإذا أريد تشغيل القطاع بالكيفية المذكورة يلزم تكوين النصف الأيمن للعتب بالتماثل للنصف الأيسر منه

وعلى هذا فالنهاية العظمى لكل من الكميتين ت ، ك التى هى

$$\text{ق} - \text{طأى} \left(\frac{\text{ه}+١}{٢} \right)$$

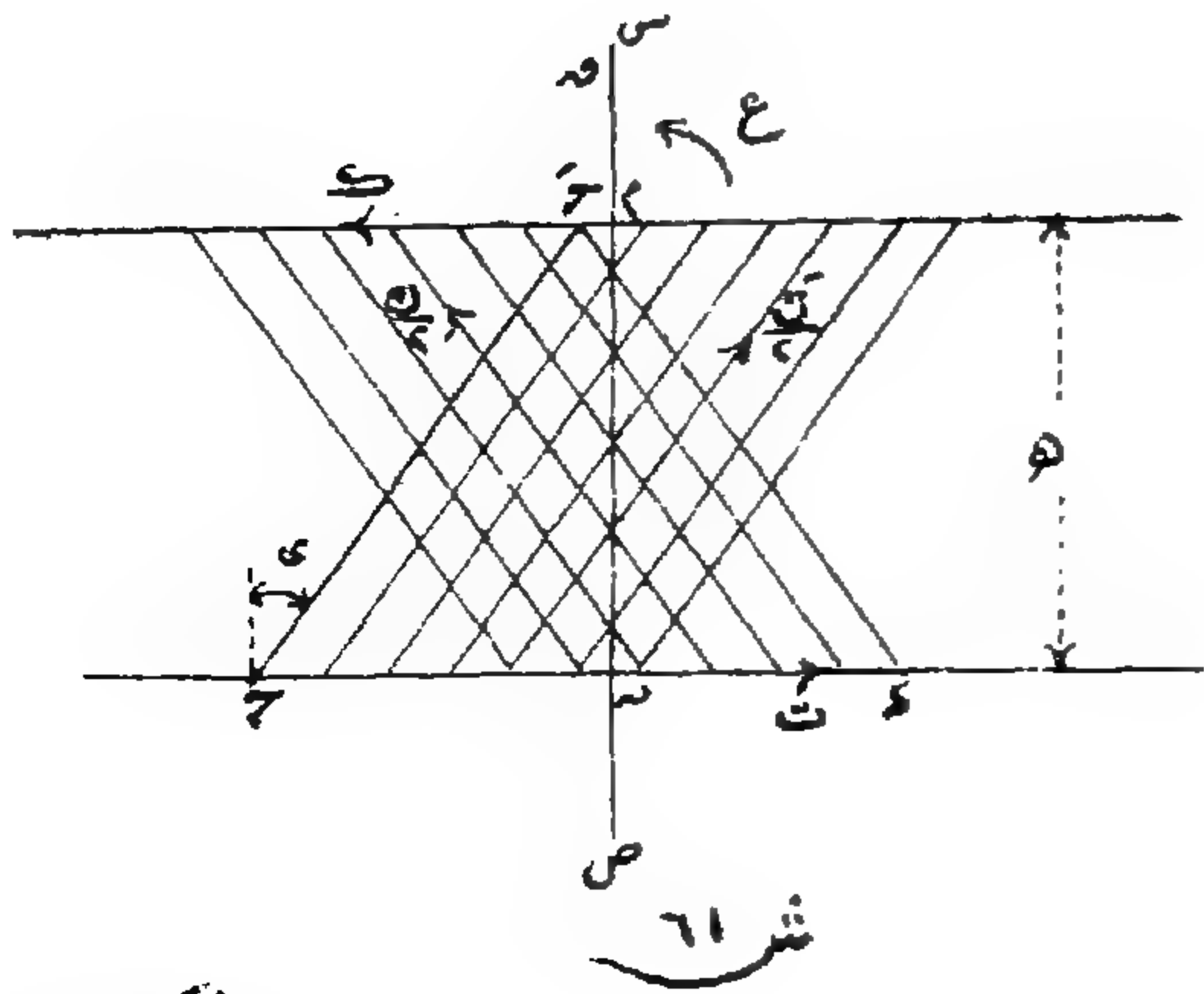
تستعمل لتعيين القطاع الأعظم لكل من رأس العتب
وللانتقال من الجملة النظرية التي هي أساس الحسابات التي أجريتها إلى الجمل المختلفة لطريقة (هوف) يستعاض
كل من القضبان الرأسية أو المائلة بجملة قضبان أخرى بحيث يحصل على حزم كل منها مركب من قضبان عددها m
قطاع كل منها جزء فوف من قطاع القضيب الواحد المعد لمقاومة الأحمال T أو K
ويضاف أيضا كما هي العادة وترتان I و II للربعات التي مثل I و II ويستعاض الوتر المذكور بحزمة
من القطع المائلة قطاعها مساو لقطاعه لكن عدد القطع المذكورة يكون نصف عدد القطع المعوضة للوتر I و II
وهذه الأوتار الإضافية تتركز فقط على رأس العتب بدون أن تضغطها ولا يجب أن تشتغل تحت تأثير الحمل
المنتظم التام ولا يمكن أن تشتغل الأعمام بتأثير حمل وحيد والغرض منها هو زيادة الصلابة فقط ولا ينبغي
أن هذا التركيب يحتاج مباشرة كثيرة ودقيقة

وهذه الأعتاب الأمريكية تحتاج كما قال المهندس كولبيثون إلى توضيح كثير للتجديد ودقيق العمل
وحيث أن الضغوط تتغير بحسب وضع الأحمال العارضية ويمكن انعكاسها فيعلم من ذلك أن القطع تكون
متأثرة بارتجاجات وانضغاطات مستمرة مضرة بصلابتها

وعلى هذا فعتب هوف ليس مستعملا في أوروبا إلا بصفة شغل صناعي وقسي
وقد استعمل الأمريكيون بكثرة الجمل التي شرحناها ولجمل المشتقة منها أو المشابهة لها
في الأعتاب الأمريكية ذات الفتحات الكثيرة - الأمريكيون لا يستعملون الأعتاب ذات الفتحات الكثيرة إلا قليلا
ولهم الحق في استعمال أشكال اعتابهم لكثرة التركيب حيث أنه من الصعب معرفة التأثير الواقع من حمل إحدى الفتحات
على الفتحات المجاورة لها بالضبط

أما في أوروبا فقد اتجهوا غالبا إلى الأعتاب الشبكية ذات الفتحات الكثيرة المكونة عتبا واحدا وحينئذ بناء
على النظرية يمكن أن يحسب الحمل القاطع في كل نقطة وعزم الانثناء كذلك ثم يعين على الخصوص ردود أفعال
نقط الارتكاز بالسهولة وردود الأفعال المذكورة هي الكميات الوحيدة المقضى معرفتها لأجراء الحساب
الذي شرحناه سابقا

وفي هذه الحالة يمكن الاتجاه إلى طريقة الحساب الآتية التي شرحها المعلم بريس وتؤدي إلى نتائج لا تفرق عن التي
وجدناها الإقليد فنقول



الكميات

في حساب الأعتاب الشبكية - يمكن عتب شبكي كما في شكل ٦١
فيه كل من القضبان المائلة حزم m وحمل إلى حزمة من
القضبان المتوازية التي عددها n ثم نقطع العتب المذكور
بمستو رأسي $س$ ص فهذا المستوى لا يقابل بداهة إلا
نصف n من القضبان المائلة من كل حزمة وحينئذ تكون
الأحمال الواقعة على $س$ من القضبان المائلة نصف

ومهما كانت الحالة فهناك طريقة تعيين أبعاد العتب المذكور وهي أن تؤخذ على مسافات كافية قطاعات بمستويات رأسية س ص ويجب في كل منها عزم الانثناء ع والحمل القاطع ه المنسوبين للقوى الخارجة وهاتان الكميتان غير متعلقتين بشكل العتب الذي يكون ثقله معلوما بالتقريب ثم يجري العمل كما أجرينا سابقا بالنسبة لكل قطاع بأن يعتبر فيه حصول التوازن بين القوى الخارجة الناتجة عنها العزم ع والقوى ه وبين ردود الأفعال العنصرية المبينة لشدود وضغوط القطع التي تقطع المستوى س ص

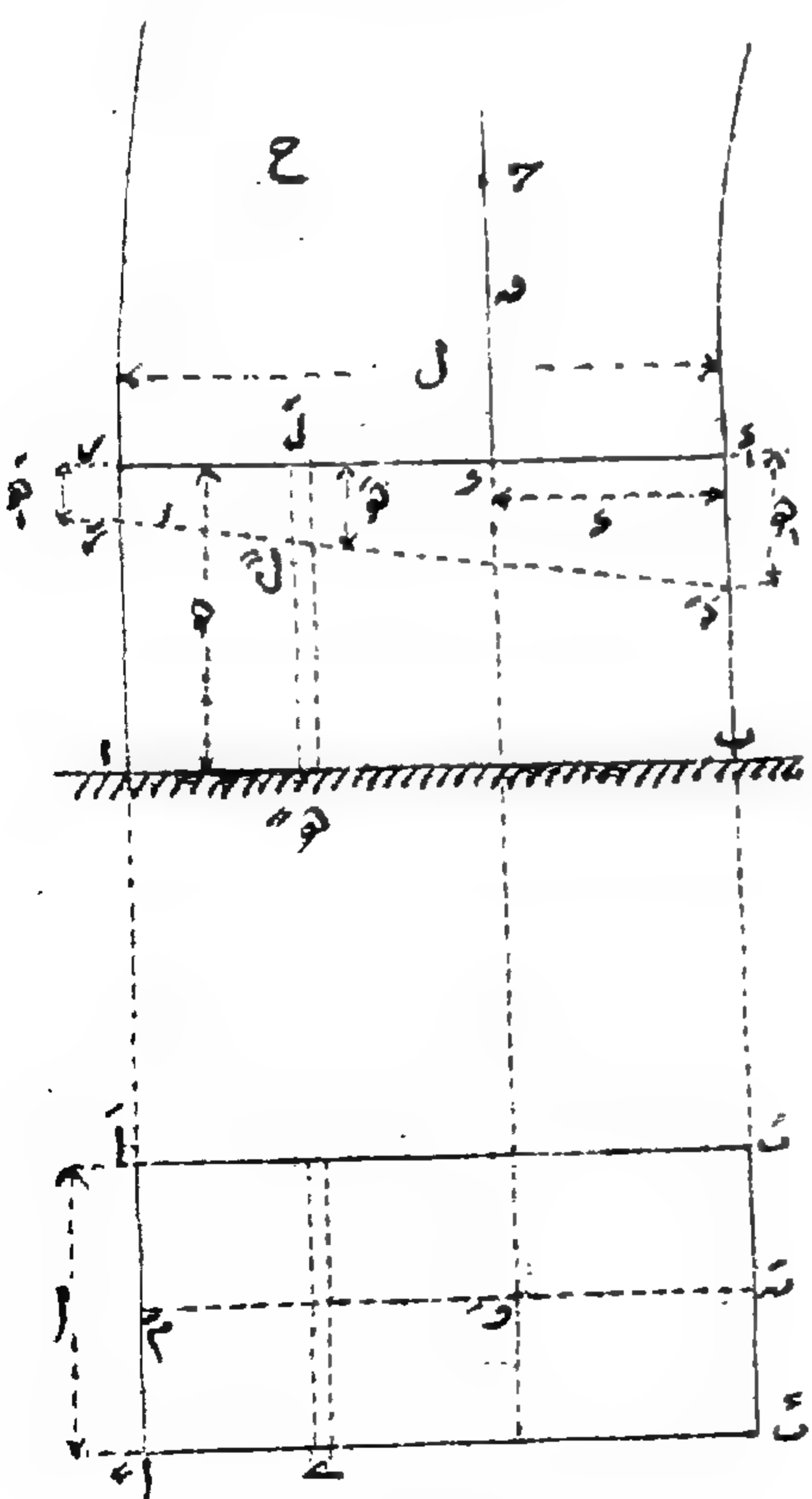
وحينئذ بناء على شروط التوازن تحدث ثلاث معادلات وتعين جميع ردود الأفعال المجهولة بشرط أن المستوى س ص لا يقابل خلافا في الرأسين سوى قضيب مائل واحد فإذا قابل المستوى المذكور قضيبين مائلين يلزم ادخال فرض على الارتباط الواقع بين الأحمال الواقعة عليها ويجب أن يلاحظ أنه ليس ممكنا دائما بأن التأثيرات تكون مؤثرة في الجهة التي تعين فيها في مبدأ الأمر بل أن الإشارة التي تحصل للمجهول تظهر دائما أن كان هناك خطأ أم لا وفي حال وجود الخطأ يتوصل لكميات سالبة ويتضح حينئذ تخيير شد بضغط وبالعكس وهذه الاشكال المتشعبة التركيب لا تؤدي الا الى وفرة قليل من المادة وتزيد صعوبات العمل وحينئذ فانه يكون لاستعمالها منزلة عظيمة

في توازن جسم ثقيل موضوع على مستوى أفقي

إذا فرض جسم ثقيل موضوع على مستوى أفقي بوجه مستوي مستطيل اب شكل ٦٣ المبين بالمقدار الحقيقي بالشكل أ ب ت م وفرض ان الوجه الجانبي للجسم ح يحوار وجه الارتكاز اب مكون من مستوي عمودية على الوجه المذكور وممتدة من أضلاعه الأربعة وأن مركز الثقل ه للجسم المفروض يوجد في المستوى الرأسى المار بالمستقيمين م م م م للمستقيمين أ ب م م م م لوجه الارتكاز السابق ذكره

وفرض أيضا أن السطح المستوي الموضوع عليه الجسم المفروض متين جدا بحيث يبقى مستويا رغمًا عن الانخفاض (أي الغرق) الخفيف الذي يحدث له ثقل الجسم المذكور

وفرض كذلك أن الجسم ح قابل للاضغاط في جميع أجزائه على التساوى بتأثير القوى الممكن وقوعها عليه على الأقل في الجزء المجاور لوجه الارتكاز حينئذ بناء على قابلية الانضغاط هذه المحصلة بالتساوى فإن العناصر التي كانت في الأصل



شكل ٦٣

في مستوى ساء الموازي للوجه اب والقريب جداً منه قبل تأثر الجسم المذكور بالضغط الواقعة عليه من أسفل إلى أعلى على وجه الارتكاز فأنها توجد أيضاً في مستوى ساء بعد التغير الحاصل له بتأثير الضغط المذكورة

وحيث أن الجسم ج لا يمكن أن يحدث على نفسه أقل تأثير فتأثيرات الانضغاطات المشاهدة في الأجزاء المجاورة للارتكاز تكون منسوبة حينئذ لردود أفعال الارتكاز التي تحصلتها تكون مساوية ومضادة مباشرة للثقل في الجسم المفروض

وحينئذ إذا فرضنا منشوراً جزئياً بقطاعه $أ ب \times م$ (م كمية صغيرة جداً) وارتفاعه $ل ه = ه$ فأنه بتأثير رد فعل الارتكاز يشغل المستوى ساء الوضع ساء والارتفاع $ل ه = ه$ يصير $ل ه$ والانكماش النسبي يصير $ل ه = ه$ وحينئذ إذا رمزنا للقوة التي أحدثت هذا الانكماش بالرمز $ق$ وفرضنا أن $أ ب = أ$ يكون

$$ق = و \times م \times ١ \times ه$$

الذي فيه $و$ معامل المرونة وحيث أن كلا من الكميات $و$ ، $أ$ ثابت فتكون محصلة ردود الأفعال $ق$

$$ق = و \times م \times ١ \times ه$$

ولكن حيث أن $(م ه)$ عبارة عن مساحة شبه المنحرف ساء ساء فإذا جعلنا ساء ل ، $و = ه$ ، ساء = ساء

$$ق = و \times ١ \times ل \times (ه + ه)$$

وحيث أن القوى الجزئية $ق$ تناسب بداهة لسطوح الجزئية $ه$ فحينئذ محصلة ردود الأفعال المذكورة تمر بمركز ثقل شبه المنحرف ساء ساء وحيث أن $ق$ مساوية ومضادة مباشرة لهذه المحصلة فتمر بمركز الثقل المذكور ويكون

$$ق = و \times ١ \times ل \times (ه + ه)$$

فإذا جعلنا $١ = ١$ أعني أن $ق$ هو ثقل المتر الطولي ورمزنا للبعد $و$ بالرمز $د$ أعني يكون $و = د$ فبناه على وضع مركز ثقل شبه المنحرف يكون

$$ق = د \times و \times ل \times (ه - ه) \quad \text{وحينئذ يكون}$$

$$ق = د \times و \times ل \times (ه - ه)$$

وحيث أن الضغط الجزئي الواقع في أي نقطة مثل $ل$ على سطح جاذبي $ه$ هو $ق = د \times و \times ١ \times ه$ فالضغط ونقطة $و$ بالنسبة للوحدة السطحية يكون

$$ق = د \times و \times ١ \times ه \quad \text{وعليه يكون}$$

$$ق = د \times و \times ل \times (ه - ه) \dots \dots \dots (١)$$

فإذا كانت $م$ هي نهاية الأحمال المستديمة للمواد المستعملة فيلزم لحصول الأمن أن يكون

$$م \leq د \times و \times ل \times (ه - ه)$$

فإذا كانت نقطة التأثير و للثقل و تنتقل وتقرّب من نقطة ϵ بناء على تغيير شكل الجسم ثمركز ثقل الشكل ϵ و ϵ يتبع نفس الحركة مع بقاء السطح ثابتا وحينئذ فالضلع ϵ و يأخذ في الأزدىاد والضلع ϵ يأخذ في النقص والضغط بالنسبة للوحدة السطحية ونقطة ϵ يزداد بالنسبة الى ϵ و ϵ وعلى هذا فإذا كان $\epsilon = \frac{1}{m} \epsilon$ و $\epsilon = \frac{1}{m} \epsilon$ فشكل ϵ و ϵ يصير مثلثا ϵ ينعدم ويكون الضغط حينئذ في نقطة ϵ معدوما وفي نقطة ϵ هو

$$\epsilon = \frac{\epsilon}{m} \dots \dots \dots (٢)$$

أعني أنه ضعف الضغط المتوسط $\frac{\epsilon}{m}$ فإذا قربت نقطة التأثير و أيضا من نقطة ϵ فإن ϵ يصير أصغر من ثلث ϵ والشكل يصير ϵ و ϵ كما في شكل ٦٤ بحيث يكون

$$\epsilon = \frac{1}{3} \epsilon = \frac{1}{3} \epsilon$$

والضغط في نقطة ϵ يؤول حينئذ الى

$$\epsilon = \frac{\epsilon}{3} \dots \dots \dots (٣)$$

وأما في نقطة ϵ فيكون معدوما

لكن ولو أن الضغط بالنسبة للطول ϵ يكون معدوما إلا أنه يوجد فيه شد يميل لانفصال الجسم ϵ في هذا الجزء من الأركان و يظهر تأثير هذا الشد متى كانت مقاومة المواد غير كافية لمقاومة الضغط وأما الجزء ϵ فيكون قابلا للتفتت بالنسبة للضغط الجزئية الواقعة عليه

فإذا صار البعد ϵ صغيرا بقدر ما يراد فإن الضغط

$$\epsilon = \frac{\epsilon}{3} \dots \dots \dots$$

يصير كبيرا بقدر ما يراد بالنسبة لمقاومة المواد والحرف ϵ يتفتت

ملاحظ - حيث أنه لحصول الاستدامة يلزم أن لا

يتجاوز مقدار الضغط على الوحدة السطحية في نقطة ϵ معامل المقاومة m للمواد فيكون

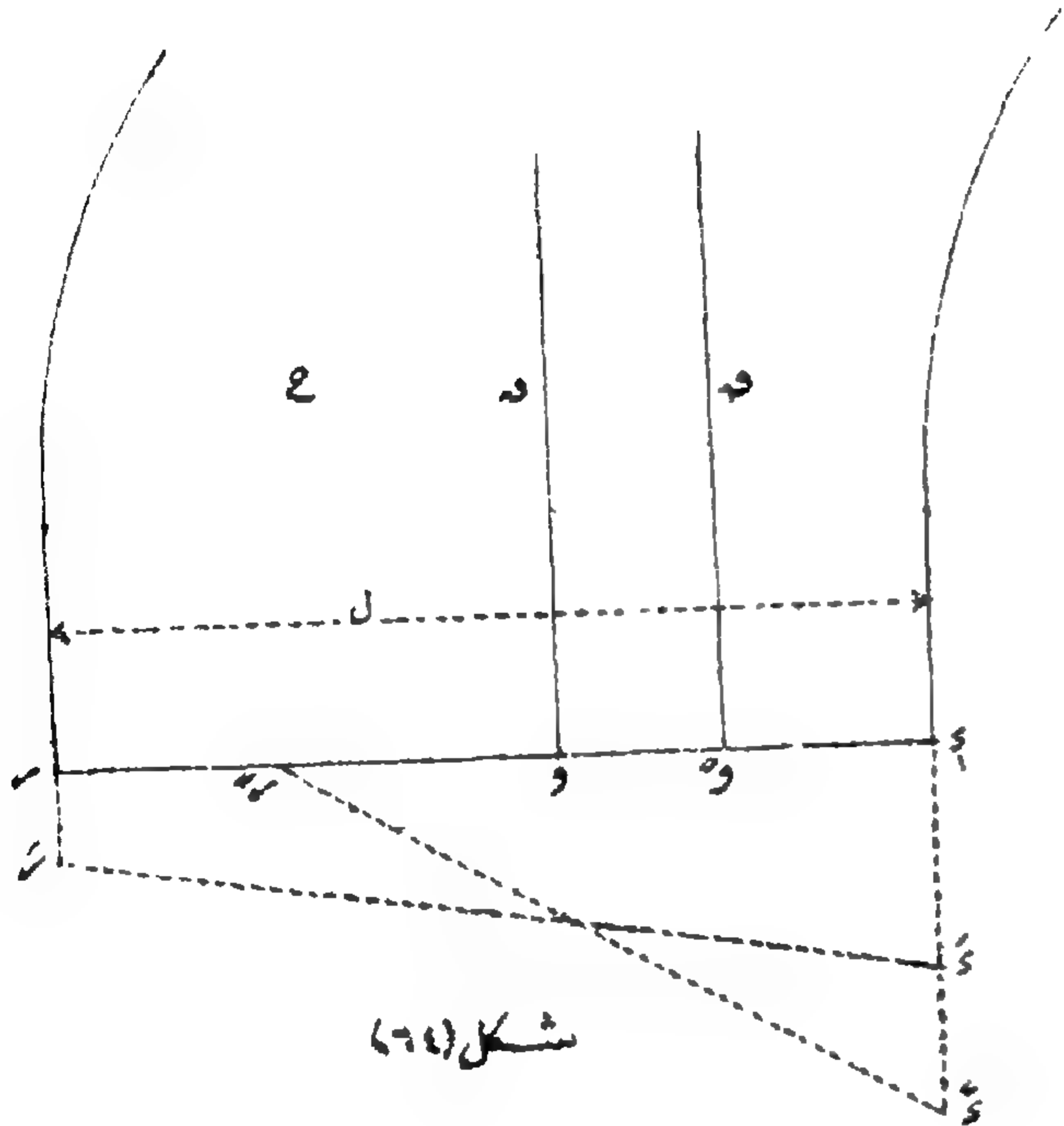
$$\epsilon \leq m \quad \text{وعليه يكون}$$

$$m \leq \frac{\epsilon}{3}$$

وبالاختصار فإنه بعد تعويض ϵ بمعامل المقاومة m في قوانين (١) (٢) (٣) السابقة نقول تلك القوانين الى

$$m = \frac{\epsilon}{3} (٢ - \frac{\epsilon}{3})$$

$$= m$$



$$\frac{m}{n} = \frac{p}{q}$$

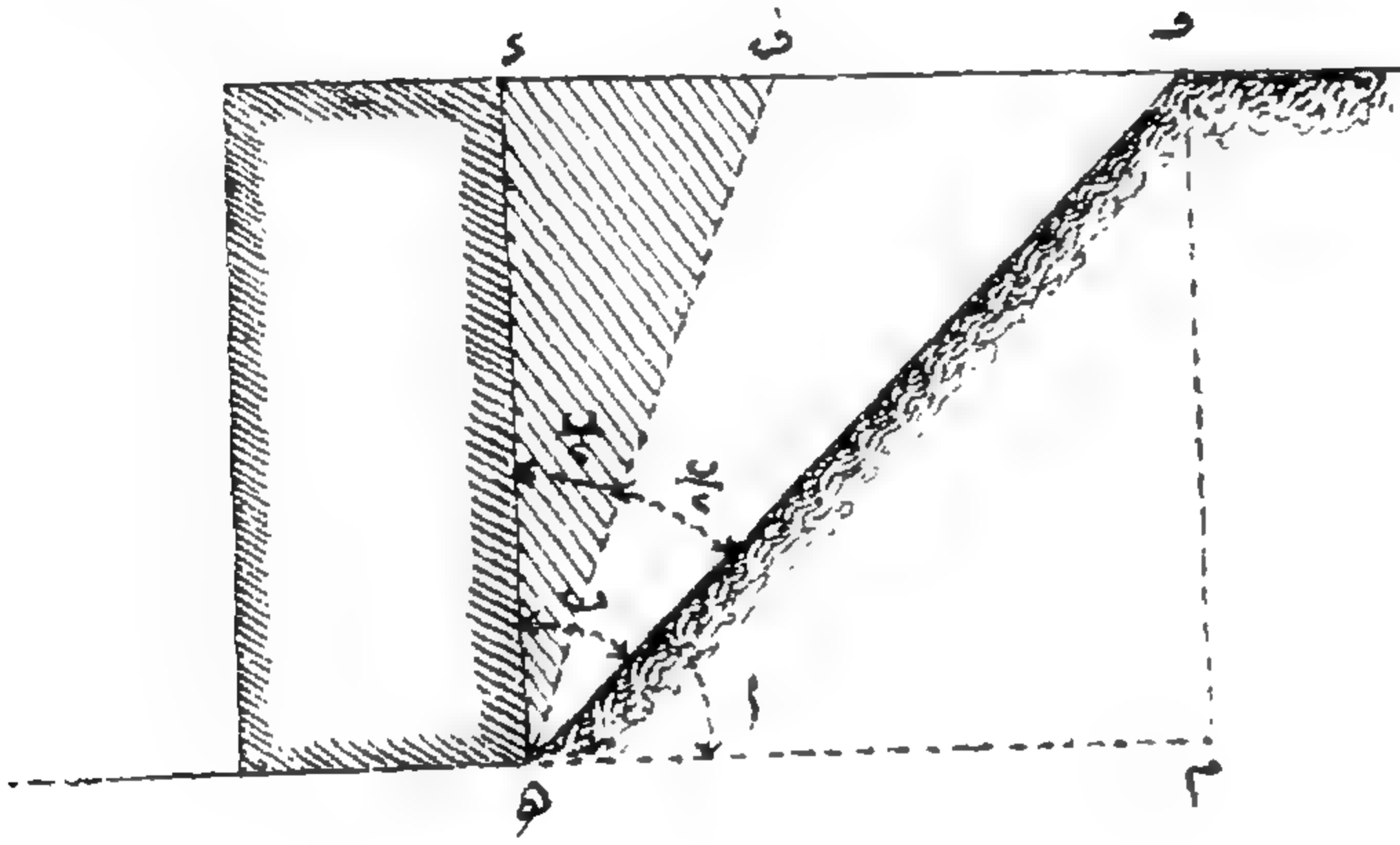
$$\frac{m}{p} = \frac{n}{q}$$

فالقانون الأول من هذه القوانين الثلاثة يكون هو المستعمل دون غيره متى كان البعد e لنقطة تأثير محصلة الضغط عن الحرف f أكبر من ثلث l وأما إذا كان e مساويا لثلث l فيستعمل القانون الثاني وليستعمل القانون الثالث متى كان e أصغر من ثلث l

الحيطان الساندة للأتربة

الحيطان الساندة للأتربة شكلها يتغير بحسب الحالة فأما أن تتكون من وجهين وأسيين وأما من وجه رأسى جهة الأتربة ووجه مائل من الجهة الأخرى أو بالعكس وأما من وجهين مائلين وقد تصنع غالبا بالوجه الداخل قصص وأحيانا تصنع أكثاف للتقوية متباعدة عن بعضها بأبعاد متساوية وتلك الأبعاد تختلف بحسب الحالة المستعملة فيها الحائط الساندة سواء كانت تلك الأكثاف من جهة الوجه الداخلى أو الخارج

والميل الذى تعطى عادة للوجه المائل هو $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{2}$ والميل الأخير هو المستعمل بكثرة حساب دفع الأتربة - إذا فرض أن e هو الوجه الداخلى للحائط الساندة للأتربة كما فى شكل ٦٥ وهو رأسى وأن o هو السطح العلوى للأتربة وهو



شكل ٦٥

افقى وفى استواء قمة الحائط وكانت زاوية الميل الطبيعى للأتربة على الافق هي زاوية α وهم $\alpha = ٢$ فناء على ما ظهر من البراهين الرياضية من أن جزء الأتربة الذى يحدث تأثيرا أعظم ما يمكن على الحائط الساندة من الجزء e هو للأتربة الذى زاوية ميله على الرأسى هو هي $e \sin \alpha = e \cos (90^\circ - \alpha)$ هو الجزء

$e \sin \alpha$ الذى زاوية ميله على الرأسى هي $e \sin \alpha = e \cos (90^\circ - \alpha)$ المحصور بين الخط المحدد للوجه الرأسى الداخلى للحائط الساندة وبين الخط المنصف للزاوية الممتدة لزاوية ميل الأتربة α على الافق وبين الخط المحدد للسطح العلوى للأتربة الذى يكون افقيا ومارا بقمة الحائط وهذا الجزء من الأتربة يسمى بالمنشور ذى الدفع الأعظم وعلى حسب هذا المنشور بحسب الدفع الواقع من الأتربة على الحائط الساندة وأن الوجه h ف للمنشور المذكور ليس بمستوى الانزلاق

إذا تقرر هذا واعتبرنا طول متر واحد من الحائط ورمزنا لارتفاع الحائط المذكور بالرمز h كما فى شكل ٦٦ وفرضنا أن الزاوية الممتدة لزاوية ميل الأتربة α هي زاوية β فيكون المنشور ذو الدفع الأعظم $h \sin \beta$ وتكون مساحة قاعدته هي $\frac{1}{2} e \sin \beta$ $\times e \sin \beta = \frac{1}{2} e^2 \sin^2 \beta$ وإذا رمزنا لثقل المتر المكعب من الأتربة بحرف γ يكون ثقل المنشور المذكور بالنسبة للمتر الطولى هو

ومن هذه المعادلة يحدث

$$ك = \frac{ح \frac{1}{\rho} - ح \frac{1}{\rho}}{ح \frac{1}{\rho} + ح \frac{1}{\rho}}$$

وحيث ان

$$ك = \frac{ح \frac{1}{\rho}}{ح \frac{1}{\rho} + ح \frac{1}{\rho}} \text{ يكون}$$

$$ك = \frac{ح \frac{1}{\rho} - ح \frac{1}{\rho}}{ح \frac{1}{\rho} + ح \frac{1}{\rho}} \times \rho = \frac{ح \frac{1}{\rho} (1 - 1)}{ح \frac{1}{\rho} (1 + 1)} \text{ أو}$$

$$ك = \rho \left(\frac{1}{\rho} + 1 \right)$$

ولكن حيث أن

$$\rho = \frac{ي}{ط} \text{ ط}$$

$$\text{فكون } \frac{1}{\rho} = \left(\frac{1}{\rho} + 1 \right) \text{ ط}$$

$$ك = \frac{ي}{ط} \times \frac{1}{\rho} = \frac{ي}{ط} \times \left(\frac{1}{\rho} + 1 \right) \text{ ط}$$

وحيث أن $\frac{1}{\rho} = 1 - \rho$ فكون

$$ك = \frac{ي}{ط} \times \frac{1}{\rho} = \frac{ي}{ط} \times \left(\frac{1}{\rho} + 1 \right) \text{ ط}$$

$$ك = \frac{ي}{ط} \times \frac{1}{\rho}$$

ومن هذه المعادلة يتعين مقدار الدفع ك للآتربة في الحالة التي يكون فيها الوجه الداخلي للحائط رأسيا والسطح العلوي للآتربة افقيا ومارا بقية الحائط ولا عمل الدمنه على أن هذا الدفع يمر بثلاث ارتفاع الحائط من أسفل ويكون عموديا على الوجه الداخلي

ان مقدار الدفع المذكور يمكن وضعه بهذه الصورة

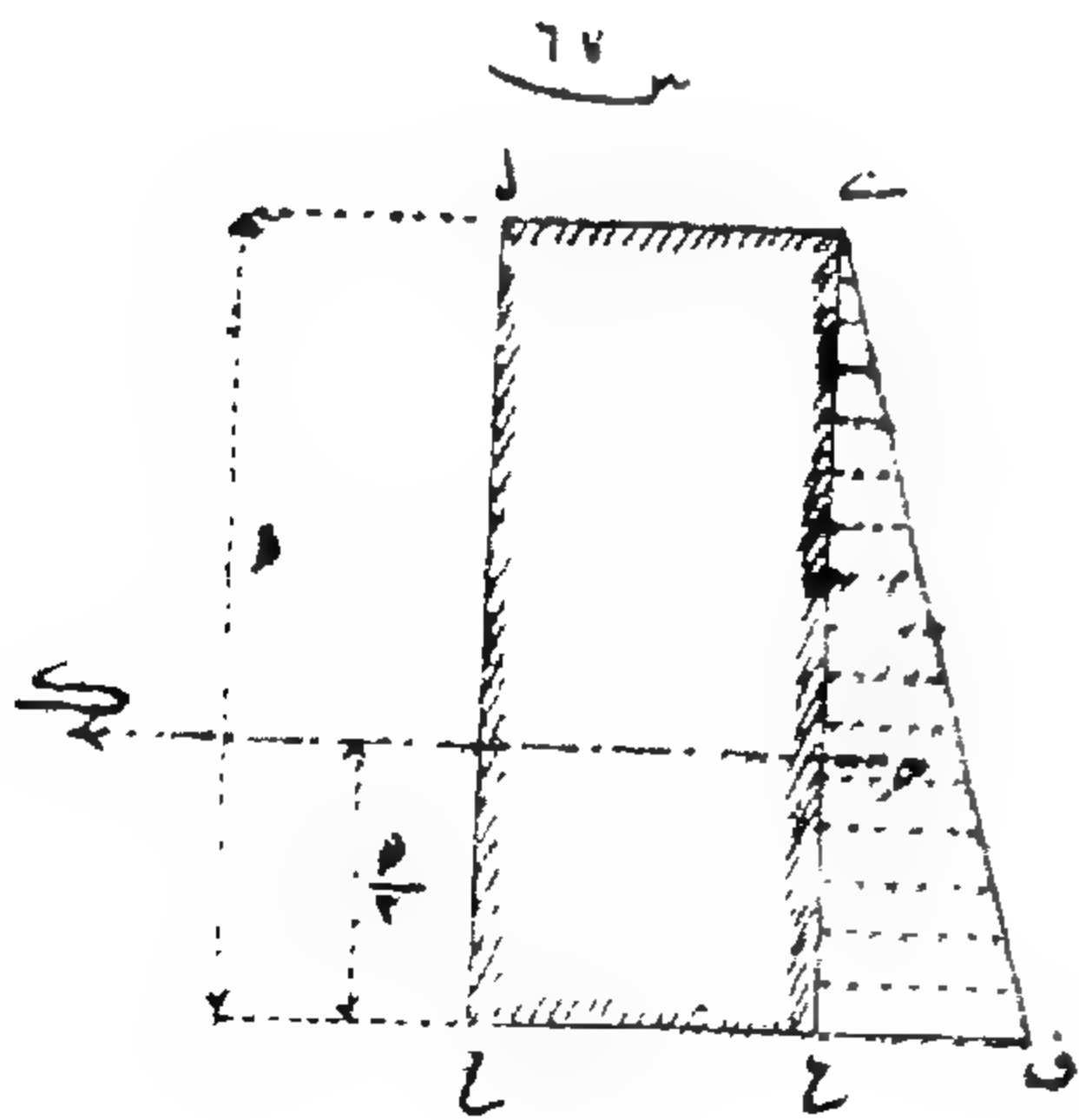
$$ك = \frac{ي}{ط} \times \frac{1}{\rho}$$

وفيه من ذلك أن الدفع ك للآتربة على الوجه مع الحائط شكل ٦٧ يحصل أيضا بضرب ثقل المتر المكعب من الآتربة في مساحة مثل قائم الزاوية مع ف ارتفاعه ه وقاعدته ع ف هي

$$ه \times ط \frac{1}{\rho}$$

وحيث ان هذه القاعدة تدل على الضغط في أسفل الحائط وأن

الموازيات لها تدل على الضغط في النقط المختلفة من الوجه ع على التناظر فالمحصلة ك لجميع



$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

فإذا لم يقطع النظر عن تماسك الأتربة فإن نقطة تأثير الدفع $\frac{1}{3}$ توجد أسفل ثلث ارتفاع الكائط
بقليل لكن في العمق تعتبر دائماً أنها مؤخر في ثلث الارتفاع
عزيم مقاومة الكائط - إذا اعتبرنا قطاع الكائط مستطيلاً ورمزنا السمكة بحرف s ونقل المتر المكعب
من البناء بالرمز m يكون ثقل الكائط m باعتبار طوله متراً واحداً هو
ث = $\frac{1}{3} m s$

وغيره بالنسبة لنقطة و التي هي نقطة تأثير محصلة الثقل و ودفع الارتفاع ك شكل ٦٨ هو

$$ث \times ص = م \times هـ \text{ س } \times ص$$

وحيثما لأجل حصول التوازن يكون

(ب) $\frac{1}{2} \text{ یو } \frac{3}{5} \text{ ما } = \frac{3}{5} \text{ س } = \frac{3}{5} \times \text{ص} \dots\dots (ب)$

ولكن $v = \frac{u}{\gamma} = s \dots \dots (ح)$

وحيث أنه لحصول الثبات يلزم أن المحملة سر الثقل
ث واللدفع \propto تقطع قاعدة الحائط في نقطة متباعدة
عن الضلع \propto الذي تميل للدوران حوله بعد أكثر من
ثلث سن الحائط فيكون

$$m = \frac{c}{v} \left(\frac{v}{c} - 1 \right)$$

التي فيها م ومن لمعامل مقاومة البناء ومنها يحدث

$$\frac{5}{3} - \frac{5}{6} = 5$$

وحيث أن ث = علم من فيكون

$$\text{أو } \frac{2}{3} = \frac{2}{3} - \left(\frac{2}{3} - 1 \right) = 1$$

$$\frac{P - 225}{24} \times \frac{5}{7} = \frac{P - 225}{24} \times \frac{5}{7} = 5$$

وإذا ارضع عوضا عن مقدار في معادلة (ح) يحدش

$$\frac{p_2 - p}{p_2} \times \frac{u}{v} = \left(\frac{p - p_{\text{atm}}}{p_2} - 1 \right) \frac{u}{v} = \frac{p - p_{\text{atm}}}{p_2} \times \frac{u}{v} - \frac{u}{v} = \text{ص}$$

وإذا اوضح عوضا عن من مقداره في معادلة (ب) يحدد

495 1/2

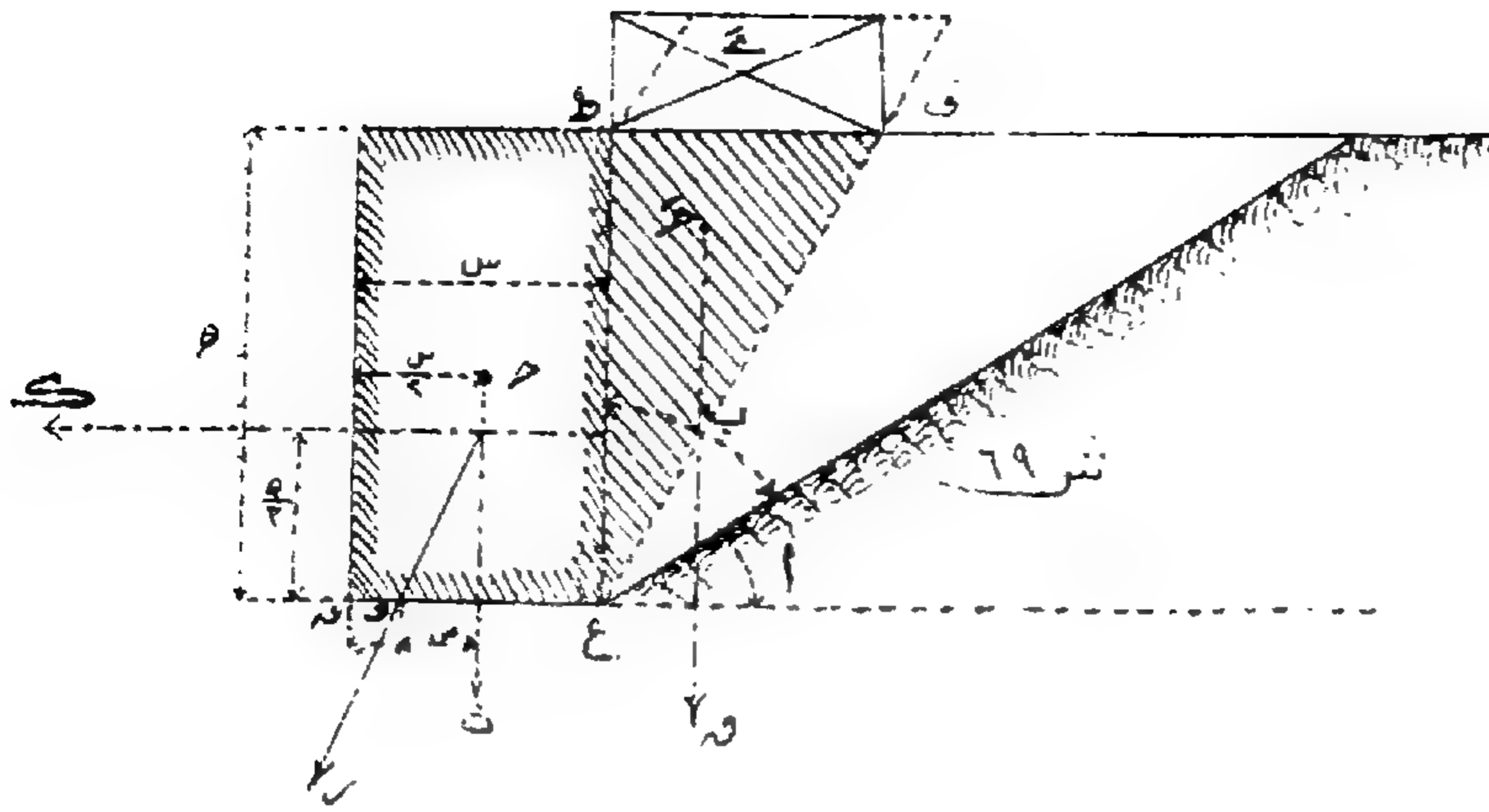
$$\frac{1}{6} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{24}$$

فحينئذ لأجل التحقق من حصول الاستدامة يقتضى ضرب الطرف الثانى من المعادلة السابقة فى معامل
أكبر من الواحد وقد ظهر من التجربة أنه يلزم جعل المعامل المذكور مساويا لـ ١ وعلى هذا يكون

$\frac{1}{4} = \frac{1}{4} \times \frac{3}{3} = \frac{3}{12}$ او
 $\frac{2}{5} = \frac{2}{5} \times \frac{4}{4} = \frac{8}{20}$ ومنہا بحدث
 $\frac{3}{4} = \frac{3}{4} \times \frac{5}{5} = \frac{15}{20}$ (۱).....

وَالثَّامِنُ أَنَّ مَقْدَارَ الاحتكاك الناشئ من المركبة الرأسية للمحطة السابقة على سطح الأساس يلزم أن يكون أكبر من قوة الانزلاق أي أكبر من المركبة الأفقية للمحطة المذكورة

الحالة التي يوجد فيها فوق سطح الأرضية حمل اضافي - اذا كان المنشور ذو الدفع الاعظم محملا بحمل اضافي فحينئذ اتفق كلاهما فإنه يلزم اضافة ثقل الحمل المذكور على ثقله وحينئذ لتعيين المسك من الحائط الساندة مع ملاحظة تطبيق الحساب دائما على طول متر واحد من الحائط والمنشور ذي



الدفع الأعظم نرسم بالرمز
ع للثقل الكلي للحمل الإضافي
الواقع على المنشور ذي الدفع
الأعظم المذكور وبالرمز ق
لثقل الحمل الإضافي المذكور
بالنسبة للمربع ثم نعتبر
بأق الرموز السابقة ونلاحظ
أن ثقل المنشور ذي الدفع
الأعظم في الحالة السابقة هو

وكذا مقدار الدفع هو

$$ق = \frac{1}{2} ع ي هـ ط \frac{1}{2}$$

$$ك = \frac{1}{2} ع ي هـ ط \frac{1}{2}$$

$$ك = ق \times ط \frac{1}{2}$$

ويفهم من ذلك أن

وحينئذ باعتبار الثقل الإضافي ع يقتضى تعويض هـ بالمقدار هـ + ع وعليه يكون

$$ك = (ق + ع) ط \frac{1}{2}$$

وحيث أن ع = ق × وف = ق × هـ ط \frac{1}{2} فيكون

$$ك = (ق ي هـ ط \frac{1}{2} + ق هـ ط \frac{1}{2}) ط \frac{1}{2} \text{ أو}$$

$$ك = هـ (ق ي هـ + ق هـ) ط \frac{1}{2} \text{ أو}$$

$$ك = هـ (ق ي + ق هـ) ط \frac{1}{2}$$

$$\frac{ع}{ق} = \frac{هـ (ق ي + ق هـ) ط \frac{1}{2}}{ق ي هـ ط \frac{1}{2}} = \frac{هـ (ق ي + ق هـ)}{ق ي هـ} = \frac{هـ}{ق} (ق ي + ق هـ)$$

وعزم هذا الدفع هو

$$\frac{ع}{ق} = \frac{هـ}{ق} (ق ي + ق هـ) \text{ ويزر بحصول التوازن المستديم أن يكون}$$

وعزم ثقل الحائط هو

$$\frac{ع}{ق} = \frac{هـ}{ق} \text{ أعني يكون}$$

$$\frac{ع}{ق} = \frac{هـ}{ق} \text{ [} (ق ي + ق هـ) ط \frac{1}{2} \text{] ومنها يحدث}$$

$$س = هـ ط \frac{1}{2} \sqrt{\frac{ق}{ق ي + ق هـ}} \dots \dots \dots (٢)$$

ويمكن حساب السك س بطريقة أخذ العزم بالنسبة لنقطة و التي هي نقطة تأثير المحصلة ك الطريقة السابقة فيكون

$$س = هـ ط \frac{1}{2} \sqrt{\frac{ق}{ق ي + ق هـ}} \dots \dots \dots (٢)$$

تنبیه - بمجرد از دیاد الحمل الإضافی فان نقطة تأثير الدفع ترتفع عن ثلث الارتفاع هـ للحائط وأما من جهة الخط المنصف ع ف فلا يبقى على حاله الا اذا كان الحمل الإضافي المذكور موزعا بانتظام على المنشور ذي الدفع الأعظم وهي الحالة الكثيرة الإعتياد

وفي العمل

وفي العمل لا تعتبر على العموم الاحوال التي تغير نقطة تأثير الدفع ووضع الخط المنصف للزاوية ب اذ بخلاف ذلك تكون مسألة سند الأتربة متشعبة وغير منتهية عوضا عن أن تكون داخلية تحت حكم القواعد العمومية السهلة الفهم والمستعملة في التطبيقات

وقد ظهر بناء على المناقشات الرياضية العديدة أنه مهما كان شكل الحائط الساندة وشكل الأتربة المطلوب سندها فإنه يمكن اعتبار اتجاه دفع الأتربة أفقيا

في تعيين أسلاك الخيطان الساندة في الاحوال المختلفة الآتية

اولا - اذا كان كل من الوجهين الداخل والخارج للحائط مائلا بحيث أن ميل الوجه الخارج = $\frac{1}{2}$ وميل الوجه الداخل = $\frac{1}{2}$ وأن ارتفاع الحائط = h وسطح الأتربة أفقيا وفي استواء قمة الحائط كما في شكل ٧٠

$$س = h \left[\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} \right] \dots (٣)$$

وهذا القانون محسوب على اعتبار أن مقدار

دفع الأتربة ناشئ عن دفع المنشور فع ط

فقط ومقطوع النظر عن المنشور وعن ف

حيث ان هذا المنشور من الأتربة لا يؤثر

على الحائط بالنسبة للدوران حول الحرف ح نعم

وان كان يؤثر على الحائط بالنسبة للانزلاق الا أنه متى

كان الحائط كافيا لمقاومة تأثيره لا نقادب والوقت فإنه

لا يجئ على من تأثير الانزلاق كما سبق

وثانيا اذا كان الوجه الخارج للحائط مائلا

والداخل رأسيًا وسطح الأتربة أفقيا كما في

شكل ٧١ فإن سلك الحائط في القمة يتعين من القانون

$$س = h \left[\left(\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} \right] \dots (٤)$$

وثالثا اذا كان الوجه الداخل للحائط مائلا والخارج رأسيًا وسطح

الأتربة أفقيا كما في شكل ٧٢ فإن سلك الحائط في القمة يتعين من

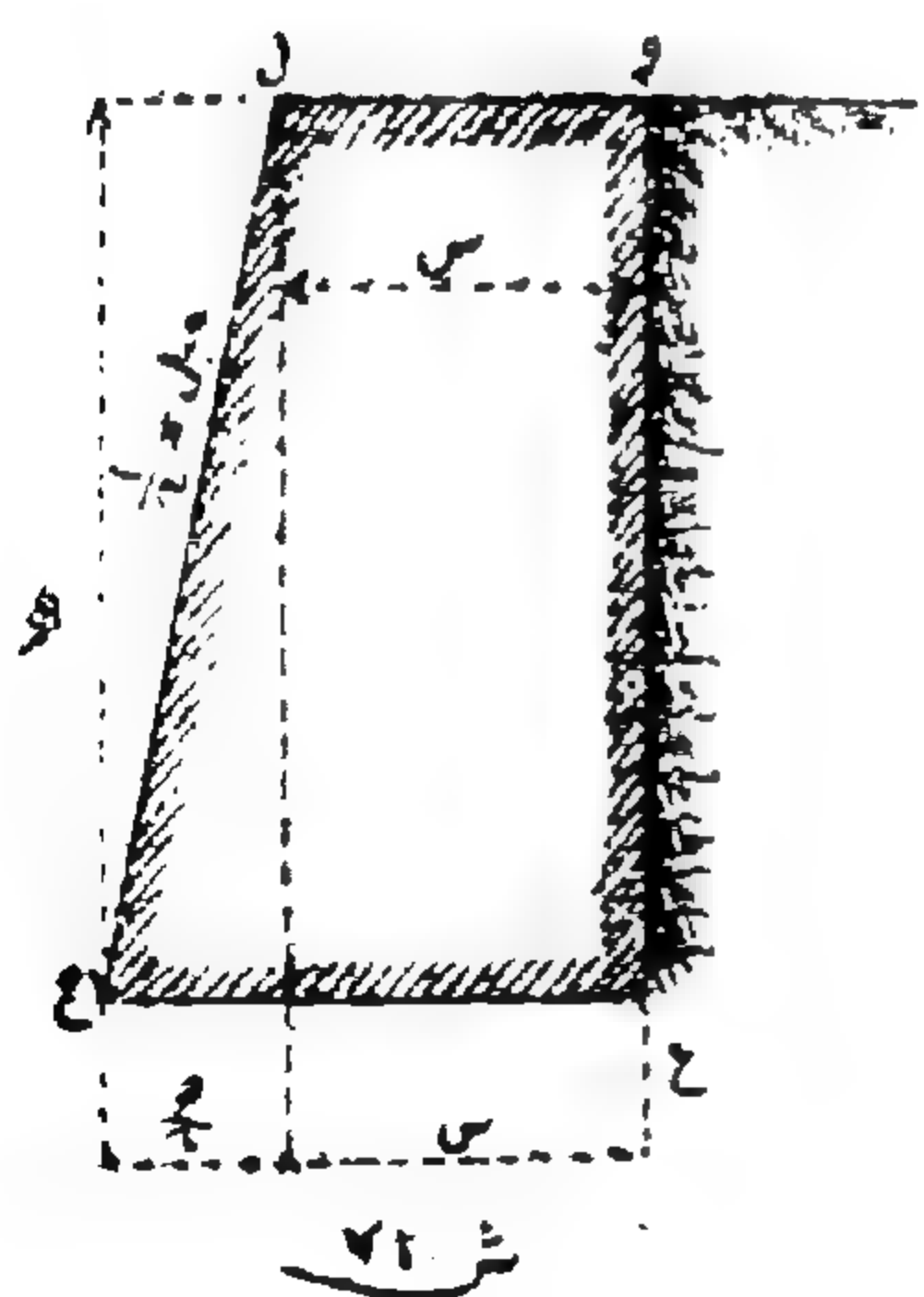
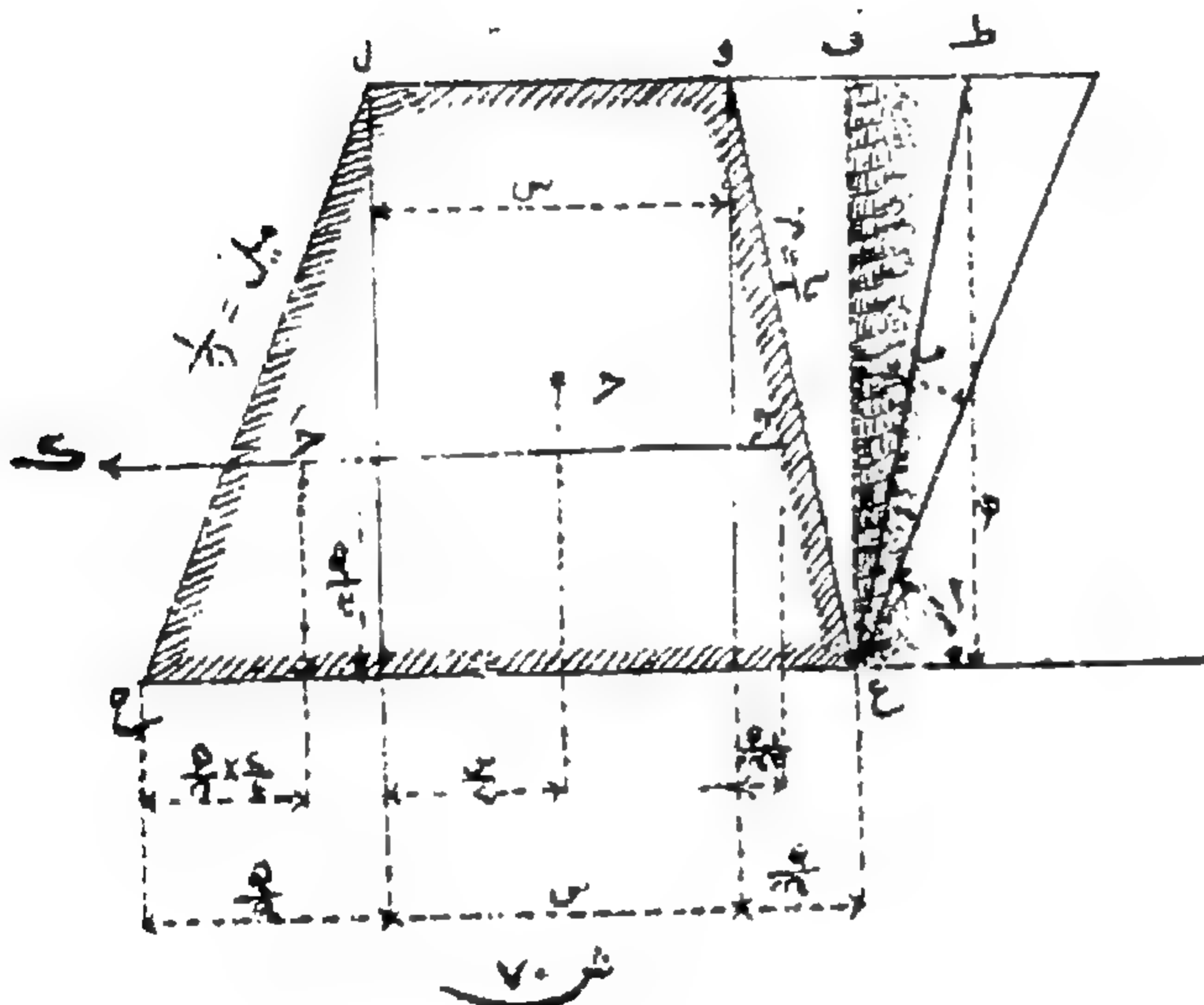
القانون

$$س = h \left[\left(\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} \right] \dots (٥)$$

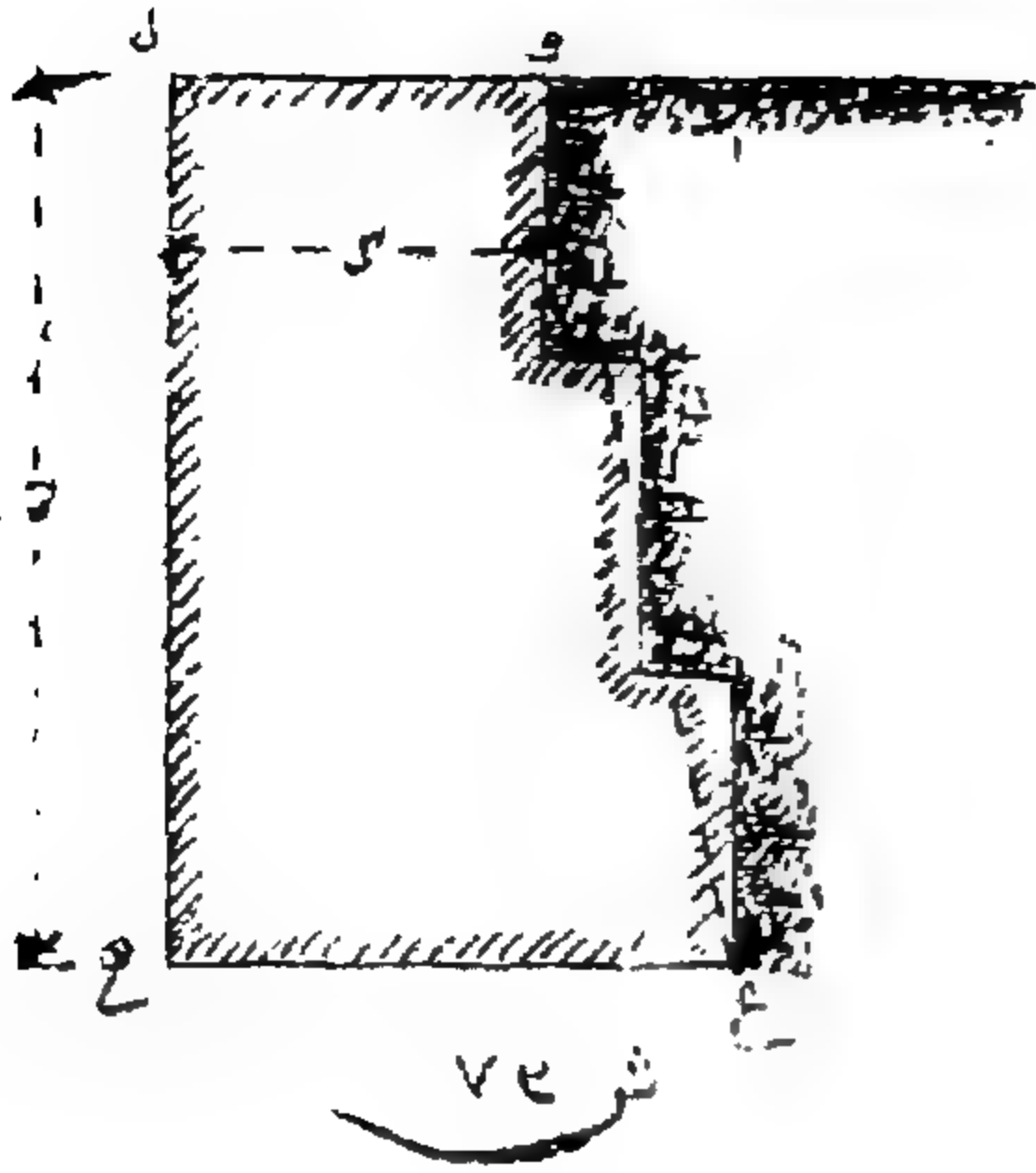
واذا أريد عمل حائط ساندة يكون بها قعص من الداخل فيجب

سلك الحائط المذكور في القمة بقانون (٥) ايضا باعتبار أن الوجه

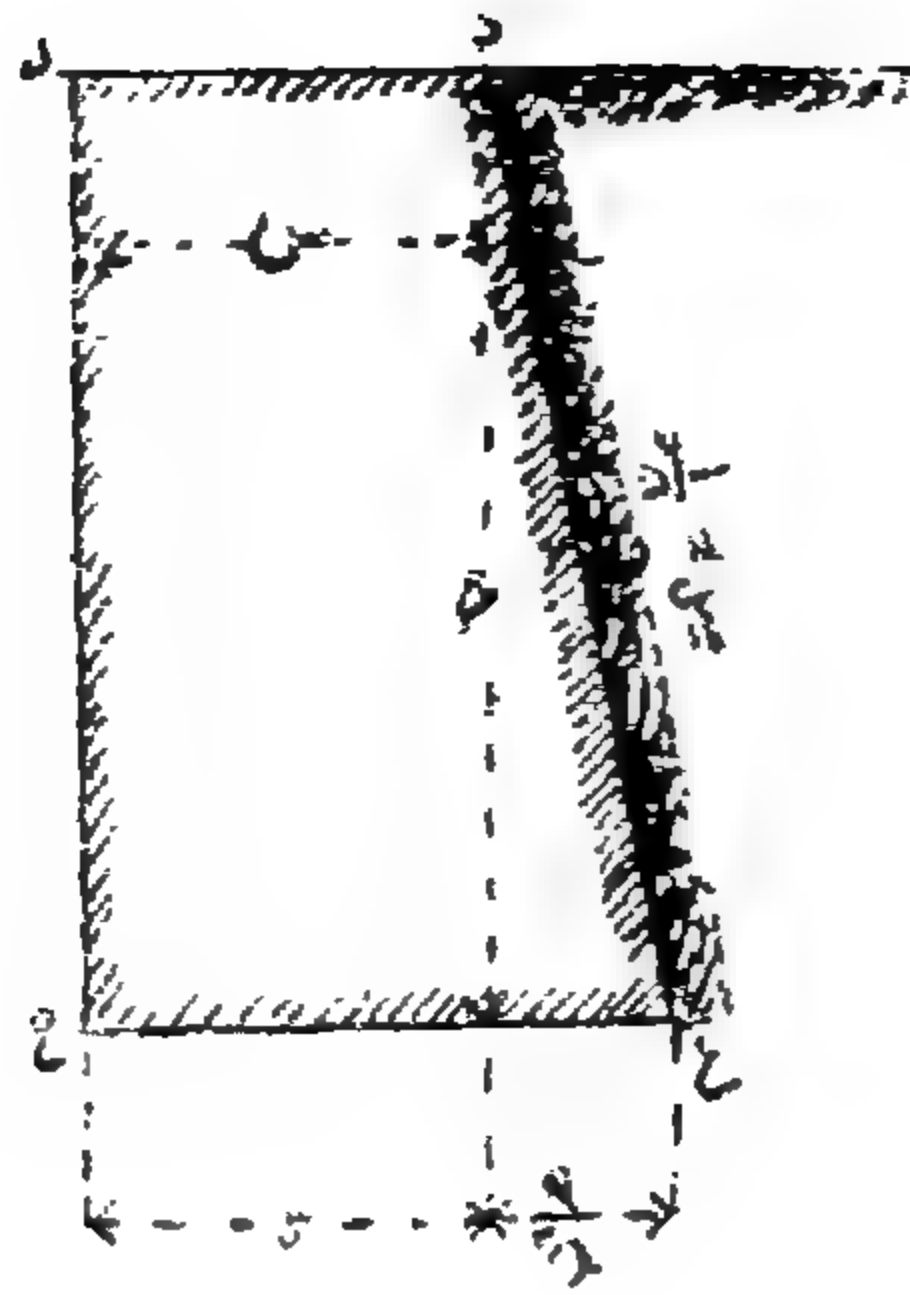
الداخل مع مائل بميل $\frac{1}{2}$ وأن خط الميل مع يكون مارا



بمنتصفات القصص كما في شكل ٧٣



شكل ٧٣



شكل ٧٤

وإذا بما متى كان سطح الأتربة محملا
بجمل اضافي ووجهها الكائط الداخل
والخارج مائلين فإن المعادلة الأساسية
التي يتعين منها مقدار السلك س
تكون بالصورة الآتية

$$\frac{س}{هـ} = \frac{س}{هـ} \left(\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right) = \left(\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right) \left(\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right)$$

ومن هذه المعادلة بعد إجراء التحليلات والاختصارات يحدث

$$س = هـ \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right] \pm \left(\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right) \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right] \dots (٦)$$

وخامسا متى كان الوجه الخارج للكائط هو المائل فقط يكون

$$\frac{س}{هـ} = \frac{س}{هـ} \dots \text{ويحدث}$$

$$س = هـ \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right] \pm \left(\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right) \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right] \dots (٧)$$

وسادسا - متى كان الوجه الداخل للكائط هو المائل فقط يكون

$$\frac{س}{هـ} = \frac{س}{هـ} \dots \text{ويحدث}$$

$$س = هـ \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right] \pm \left(\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right) \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right] \dots (٨)$$

وفي حالة ما يكون الكائط له قصص من الداخل فإن السلك س يجب من قانون (٨) باعتبار خط الميل ع و
معوضا للقصص ومارا بمنتصف كل منها

(نبيه) إذا جعل في قانون (٦) الميل $\frac{س}{هـ} = \frac{س}{هـ}$ ، في آن واحد فإن مقدار س يؤل الى

$$س = هـ \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right] \pm \left(\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right) \left[\frac{س}{هـ} + \frac{س}{هـ} \right]$$

وهذا المقدار هو عين المقدار المستخرج من معادلة (هـ) السابقة

فلكيطان الساندة المائلة الى الداخل

قد يتأتى من باب الوف جعل الكائط الساندة مائلة الى الداخل الى الجهة المطلوبة سندها بحيث
لا يكون هذا الميل كبيرا حتى يمكن للكائط ان تقف من نفسها بدون مساعدة الاتربة لها اذ بخلاف ذلك
فإن الكائط تنفصل من قاعدتها والتوازن يختل وكفى لتجنب ذلك ان لا يقع مركز الثقل حـ للكائط على
يمين الحرف ع وعلى العموم يجب أن الخط الرأسى المار بمركز الثقل يقطع القاعدة فيما بين ٦٦ و ٧٠.٦
من القاعدة بالابتداء من نقطة حـ

والميلان

والميلان كثيرا الاستعمال في مثل هذه الحيطان هما $\frac{1}{2}$ بالنسبة للوجه الخارج، $\frac{1}{2}$ بالنسبة للوجه

الداخل كما في شكل ٧٤ وبواسطة

فإن الخط الرأسى المار بمركز

الثقل يكون محققا للشرط السابق

مهما كان ارتفاع الحائط

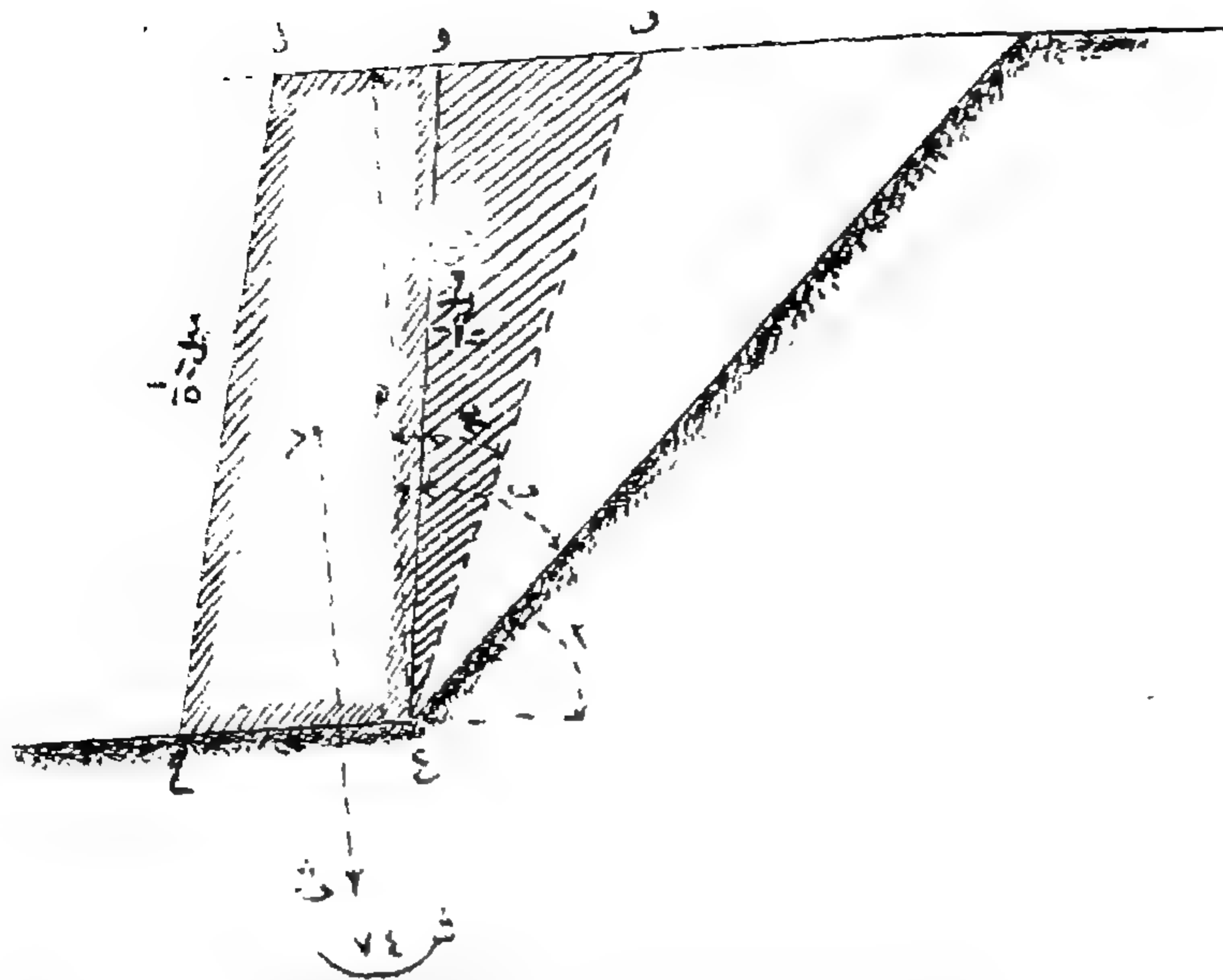
وحينئذ إذا كان ميل الوجه

الخارج هو $\frac{1}{2}$ وميل الوجه

الداخل هو $\frac{1}{2}$ كما في شكل ٧٥

فإن سمك الحائط في القمة يتعين

من القانون



$$س = هـ - \left[\frac{1}{2} - \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) \right] \pm \sqrt{\frac{1}{2} \times \left(1 - \text{طاو} \right) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}} \dots (٩)$$

تحقيق هذا القانون - إذا جعل في هذا القانون $\frac{1}{2} = 0$. فإن الوجه

ع يصير رأسيا وتكون زاوية و = ٠ . وعليه يكون طاو = ٠ . ويحدث

$$س = هـ - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right] \pm \sqrt{\frac{1}{2} \times \left(1 - 0 \right) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}$$

وهو قانون (٤) السابق

فمما كانت الحائط المائلة الى الداخل سائدة لأتربة عليها حمل اضافي

كما سبق فإن سمك الحائط يتعين من القانون

$$س = هـ - \left[\frac{1}{2} - \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) \right] \pm \sqrt{\frac{1}{2} \times \left(1 - \text{طاو} \right) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}} \dots (١٠)$$

في حيطان التكبسية

حيطان التكبسية لا تقادى الاجزاء من ميل الأتربة وفي هذه الحالة تتنازع

الحيطان السائدة للأتربة تكون جانب من نفس الأتربة الأصلية يكون واقعا

على جزء من قمة الحائط كما هو مشاهد من الشكل ٧٦

ففي حالة ما يكون وجهها حائط التكبسية الخارج والداخل رأسيين وكانت المدايم هي ع د = هـ ،

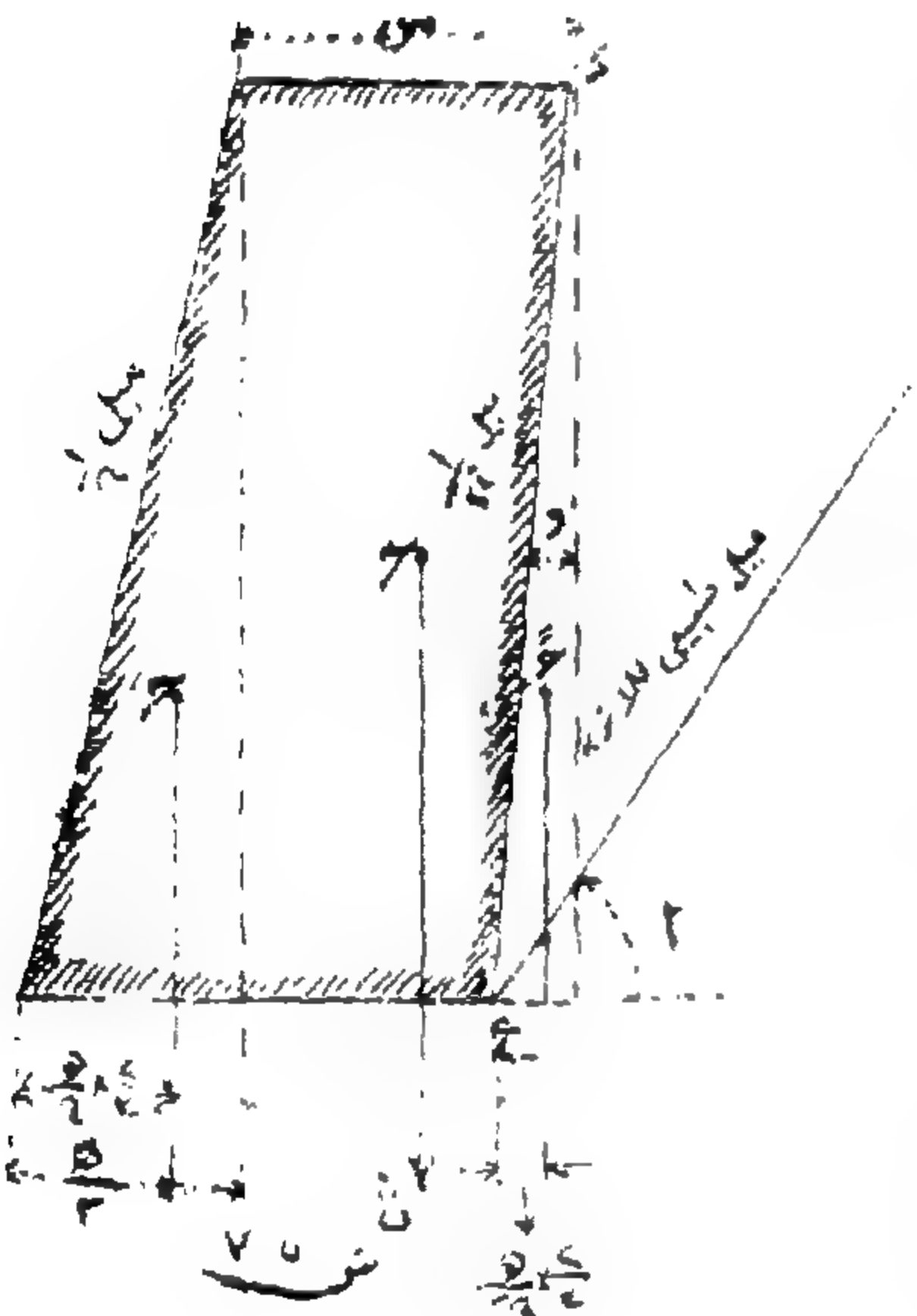
ل ط = ص ، ر = هـ شكل ٧٦ فإن مقدار السمك س يتعين بواسطة حل عدة قوانين مرتبطة

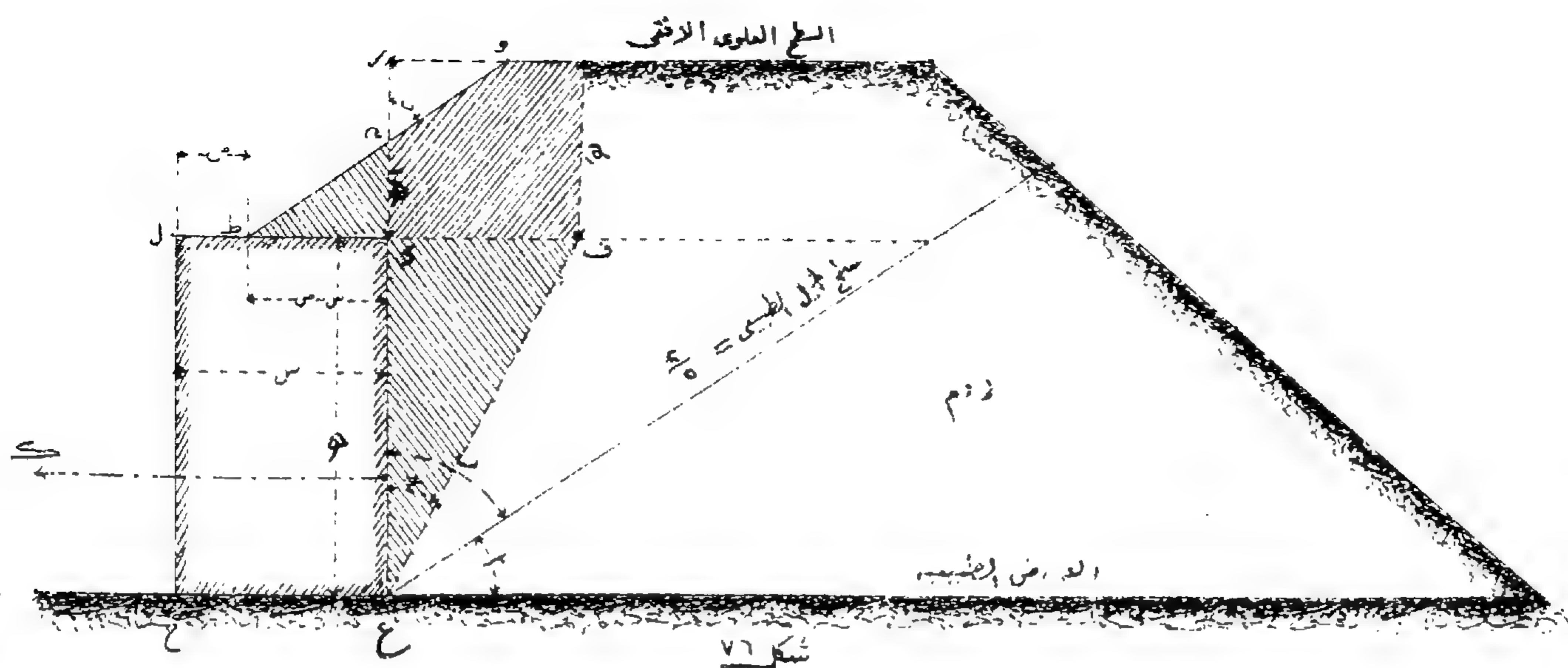
مع بعضها بالمعاليم إلا أن نتيجة ذلك تقرب بكثير من استعمال القانون الذى وضعه المعلم بونسلية بهذا

الخصوص وهو

$$س = ٨٤٥ \times \left(\frac{1}{2} \times \left(1 - \text{طاو} \right) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \right) \dots (١١)$$

فإذا كان ب = هـ ، ي = ع فإن القانون السابق يؤول الى





اذا كان $b = 5$ ، $c = 1700$ كيلوجرام ، $e = 100$ ، نجد مع ملاحظة ان مقدوري y ما هي
ها المقداران المستعملان عادة في المتوسط فان قانون (1) يقول الى

س سے ۵۲۰۰ (۱۴)

فإذا كان الميل ميلينا كسر في أي ان القاعدة = ٣٠٠ والارتفاع = ١٠٠، فإن زاوية الانزلاق =
 ٣٠° ١٨' ٥٦" طالع = ٣٠° ٢٠' وجمع = ٤٠٠ كج ١٠٠ كيلوجرام فان قانون (١)
 يقول أيضا الى

س = ۴۰ ر ۵۰ (۱۳)

وباعتبار محاليم قانون (١٣) ماعدا ١ الذي يجعل مساويا الى ١٢٠٠ كج وجعل $\frac{1}{2} = \frac{1}{3}$ ٤
 $\frac{1}{2} = \frac{1}{3}$ فان قانون (٩) يقول الى

س = ۳) ۴ (۱۴)

وبتغييرى وجعله مساويا الى ١٤٠٠ كج فان قانون (٩) المذكور يؤول ايضا الى

س = ۲۰ دھ (۱۵)

وقد يستعمل القانونان الآتيان لحساب الاسماء المتوسطة بين الشيطان السائدة الماثلة الى الداخل في الأحوال البسيطة المستعملة في العمل حينما يكون الميل الخارج = $\frac{1}{8}$ والميل الداخل = $\frac{1}{4}$ وهما

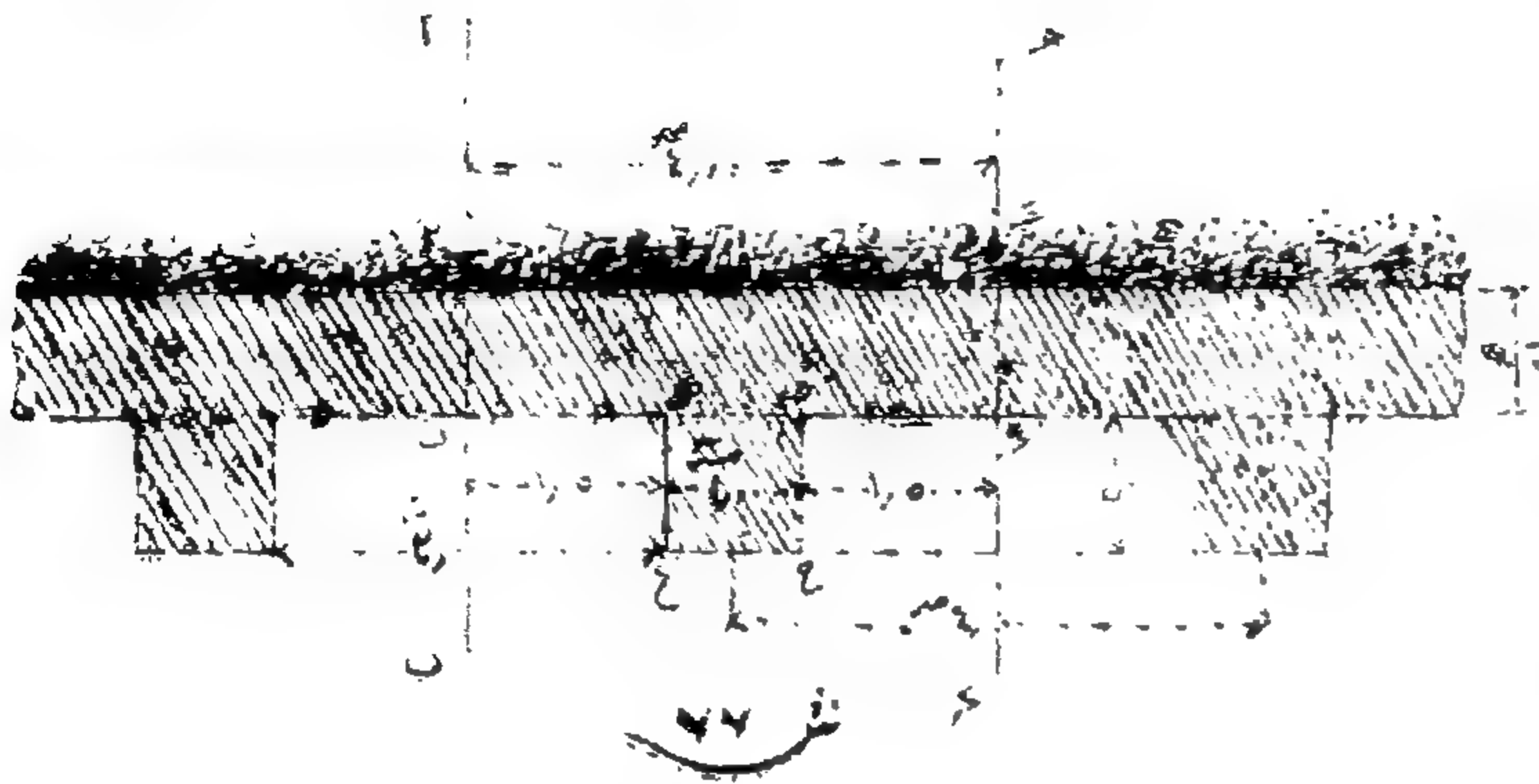
(۶) $s = 10 + 20 + \dots + 100$ متی کان $n \geq 0$ ر، متر

(۱۷) بیہوشی کا دورہ
بہنی کا زہر کے دورے میں

فصل

في الجيطان الساندة ذات الأكتاف الداخلية والخارجية

قد تصنع أحيانا جيطان ساندة ذات أكتاف للتقوية من الخارج أو من الداخل على شكل ٧٨، ٧٧ وهذه الأكتاف تكون متباعدة عادة عن بعضها من محور إلى آخر بمقدار أربعة أمتار ويكون عرض الكتف مترا واحدا وقطاعه البارز مستطيلا عادة وفي حالة ما يراد جعل هذا القطاع شبه منحرف فأنه بعد حساب بروزه على اعتبار أن القطاع مستطيل يحول إلى قطاع شبه منحرف متكافئ له وأما



وجها نفس الحائط الأصلية من الداخل والخارج فيكونان رأسيين على الدوام وقد يجعل بناء على ما ظهر من الجدران السلك أو من الحائط الأصلية أو من مساويا إلى خمس أو سدس ارتفاع الأثرية المسنودة أعني أن السلك أو من ٥/٦ إلى ٦ يتغير من ٥ إلى ٦

ثم أنه لحساب مقدار بروز الكتف من يؤخذ عزم الكتلة - أ د - و ف ح ع وت المحصورة بين القطاعين أ ب، ح د المارين بالمنصفين ت ا د - بالنسبة للارتفاع ح الذي يقبل الكتلة المذكورة للدوران حول ت تأثير دفع الأثرية ويساوي العزم المذكور بعزم دفع الأثرية بالنسبة للحرف المذكور وعلى هذا فيكون

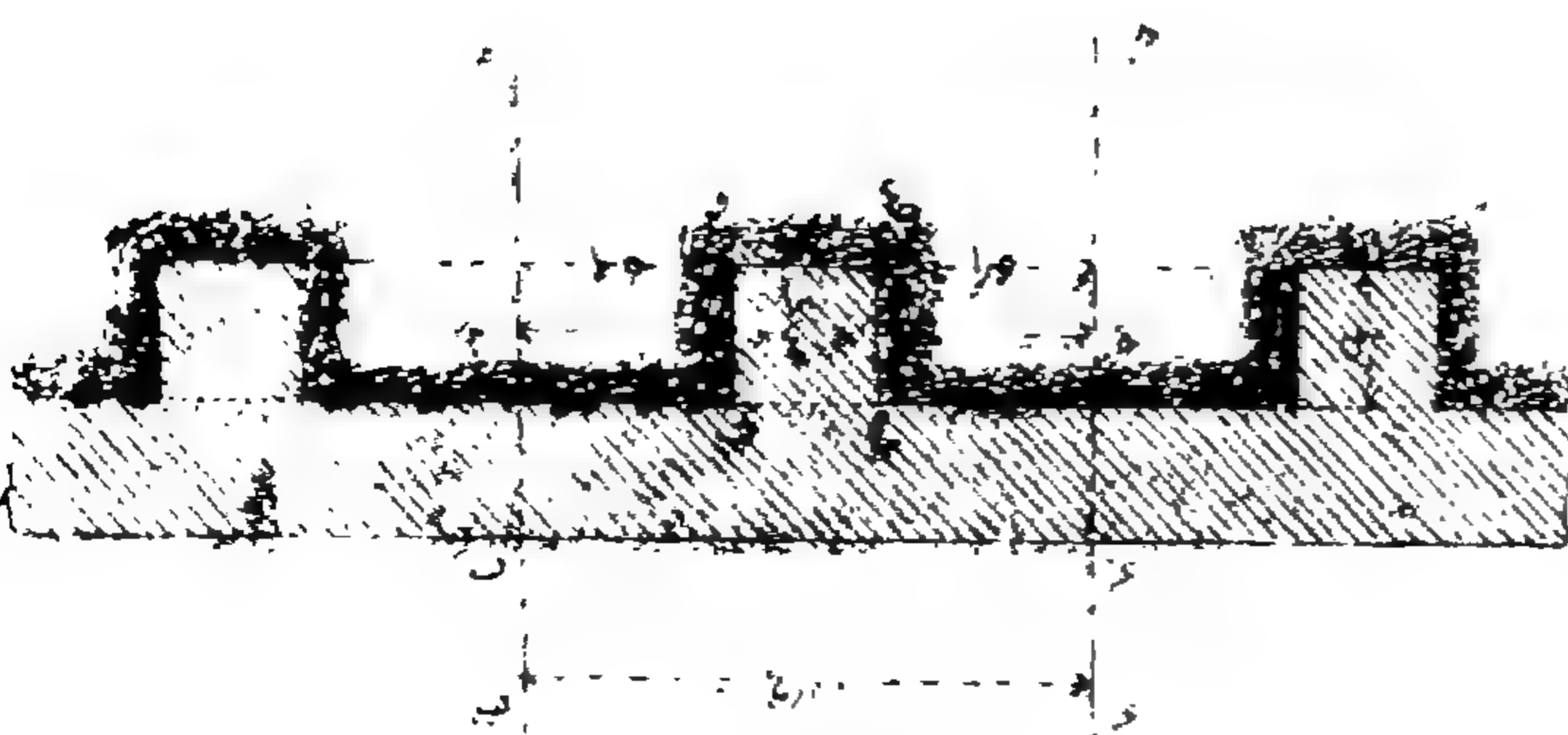
$$س = \frac{س}{٥} (- ٤ - ٤ \pm \sqrt{١٤ + ٣٦ ر ك}) \dots (١٨)$$

وهذا القانوس مؤسس على فرض أن الميل الطبيعي للأثرية مبين بـ ٣ أعني أن الارتفاع ٤ والقاعدة ٣ وفي حالة ما يكون الميل الطبيعي للأثرية يساوي ٥ فإن قانون (١٨) يؤول إلى



$$س = \frac{س}{٥} (- ٤ - ٤ \pm \sqrt{١٤ + ٣٦ ر ك}) \dots (١٩)$$

قد اعتبر في تعيين قانوني (١٨)، (١٩) أنه ليس هناك حمل اضافي وهذا أمر لا يتأتى في أغلب الأحيان وحينئذ إذا فرضنا الارتفاع المقابل للحمل الإضافي الواقع على المتر المربع من السطح العلوي للأثرية باعتبار أن أثرية بالرمز ه فيلزم إضافة هذا الارتفاع إلى ه وحينئذ يكون سلك الحائط الأصلي مساويا إلى

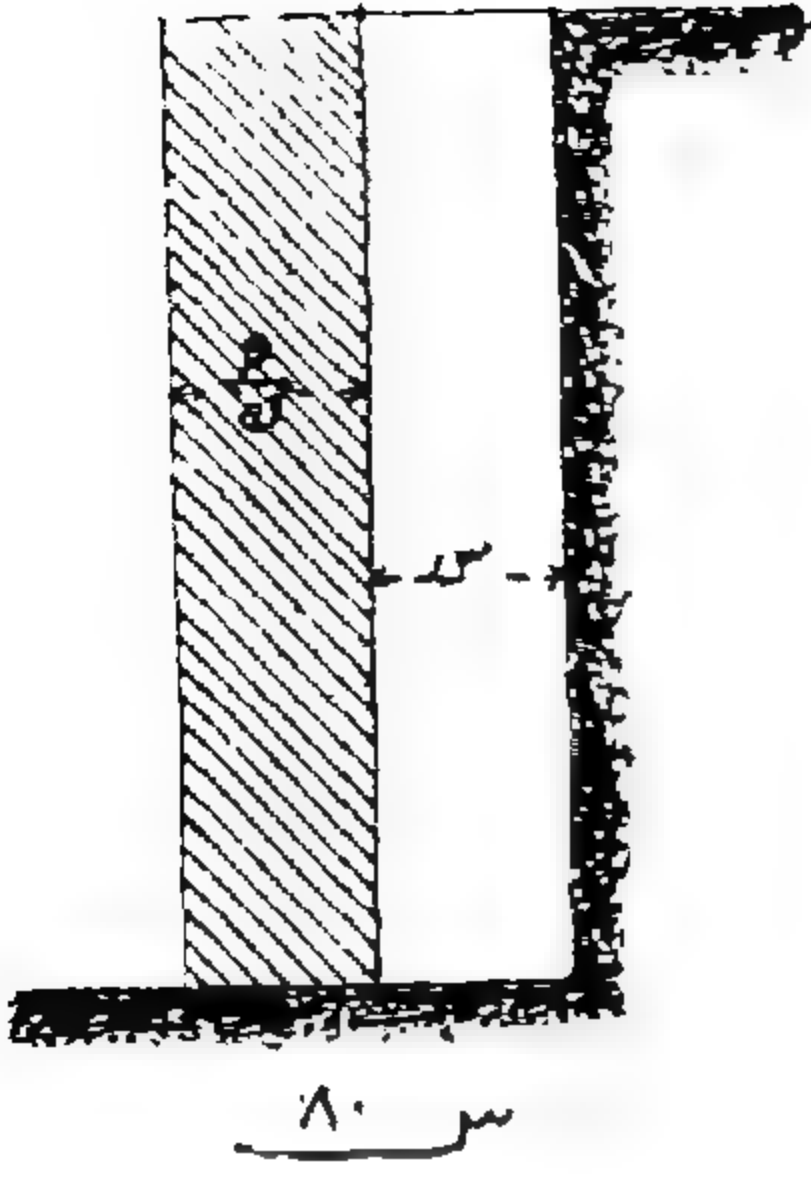


وإذا كانت أكتاف التقوية من الداخل كما في شكل ٧٩ وكان الميل الطبيعي للأثرية مساويا إلى ٥ فإن مقدار البروز س للكتف يتعين من القانون

$$S = \frac{H}{L} (-1 \pm \sqrt{3 - 2.74 \frac{H}{L}}) \dots (٤٠)$$

واذا كان الميل الطبيعي للأتربة يساوي ٤٥ فيكون مقدار السهك
معينا من القانون

$$S = \frac{H}{L} (-1 \pm \sqrt{3 - 2.74 \frac{H}{L}}) \dots (٤١)$$



وهناك جدولا مشتملا على نواع الأتربة وثقل المتر المكعب منها والميل
الطبيعي لها

نوع الأتربة	مقادير الميل الطبيعي للأتربة على الأفق	نوع الأتربة	مقادير الميل الطبيعي للأتربة على الأفق
رمل ناعم جاف	يختلف من ١٤٠٠ الى ١٩٠٠	٢١	١٦٠٠
رمل ناعم جدا	١٩٠٠ الى ٢٣٠٠	٢٢	١٩٨٠
رمل الأنهار	٢٣٠٠ الى ٢٣٠٠	٢٣	١٧٠٠ الى ١٦٠٠
رمل ناعم جاف جدا	٢٣٠٠ الى ٢٣٠٠	٢٤	١٨٦٠
تراب طمي جاف	١٥٠٠ الى ٢٠٠٠	٢٥	١٦٠٠
تراب طمي رطب	١٩٠٠ الى ٢٠٠٠	٢٦	١٠٠٠

وهناك جدولا آخر يشتمل على ثقل المتر المكعب من البناء بالنسبة للمواد المختلفة ونهاية العمل الذي يتجمله
مع الامن على السنتر المربع

انواع البناء	نهاية العمل على السنتر المربع بالكيلوجرام	انواع البناء	نهاية العمل على السنتر المربع بالكيلوجرام
سنا من حرا الآلة الجيد	٤٦٠٠ الى ٤٣٠٠	خراسانة بمونة الاسمنت	٤٦٠٠ الى ٤٣٠٠
سنا بالدش الجيد وبمونة جيدة	٤٤٠٠ الى ٤١٠٠	سنا بالطوب بمونة معتادة	١٨٠٠ الى ١٧٠٠
سنا معتاد بالدش	٤٣٠٠ الى ٤٠٠٠	سنا بالطوب بمونة الاسمنت	١٨٠٠ الى ١٧٠٠
خراسانة بمونة معتادة	٤٤٠٠ الى ٤٣٠٠	سنا بالطوب من الدرجة الأولى والاسمنت	١٨٠٠ الى ١٧٠٠

وترا معاملات الاحتكاك بالنسبة للأساسات المختلفة فهي كالآتي

٥٦٠. إذا كان الأساس أرضاً طبيعية
 ٥٧٠. إذا كان الأساس خرسانية
 ٥٧٨. إذا كان الأساس تحجيراً أي بناء بالدبش

في كحيطان الساندة للمياه

إذا كان ارتفاع المياه المطلوب سندها هو $هـ$ و اعتبرنا طول الحائط مساوياً للوحدة الطولية أي مساوياً متراً واحداً وفرضنا أن وجهها رأسيان ورمزنا

لسطحها بالرمز $س$ ولدفع الماء بالرمز $ك$ ولنقل الحائط بالرمز $هـ$ وفرضنا أن نقطة تأثير المحصلة $م$ للقوتين $ك$ و $هـ$ هي $و$ فلنرمز أن يكون عرض $ك$ بالنسبة لنقطة $و$ مساوياً إلى عرض $هـ$ بالنسبة للنقطة المذكورة أعني يكون

$$\frac{ك}{هـ} = \frac{ع}{و} \dots \dots (و)$$

لكن من المعلوم أن في مثل هذه الحالة تكون $ك$ أفقية ومؤثرة في ثلث ارتفاع الحائط من أسفل ومقدارها هو

$$ك = ١٠٠٠ \times \frac{هـ^2}{٦}$$

وإذا رمزنا لثقل المتر المكعب من البناء بالرمز $ع$ يكون

$$هـ = ع \times س$$

وحينئذ لمعادله (و) نقول إلى

$$أو \quad ع \times س \times هـ = \frac{هـ^2}{٦} \times ١٠٠٠$$

$$(ب) \quad ع \times س \times هـ = \frac{هـ^2}{٦} \times ١٠٠٠$$

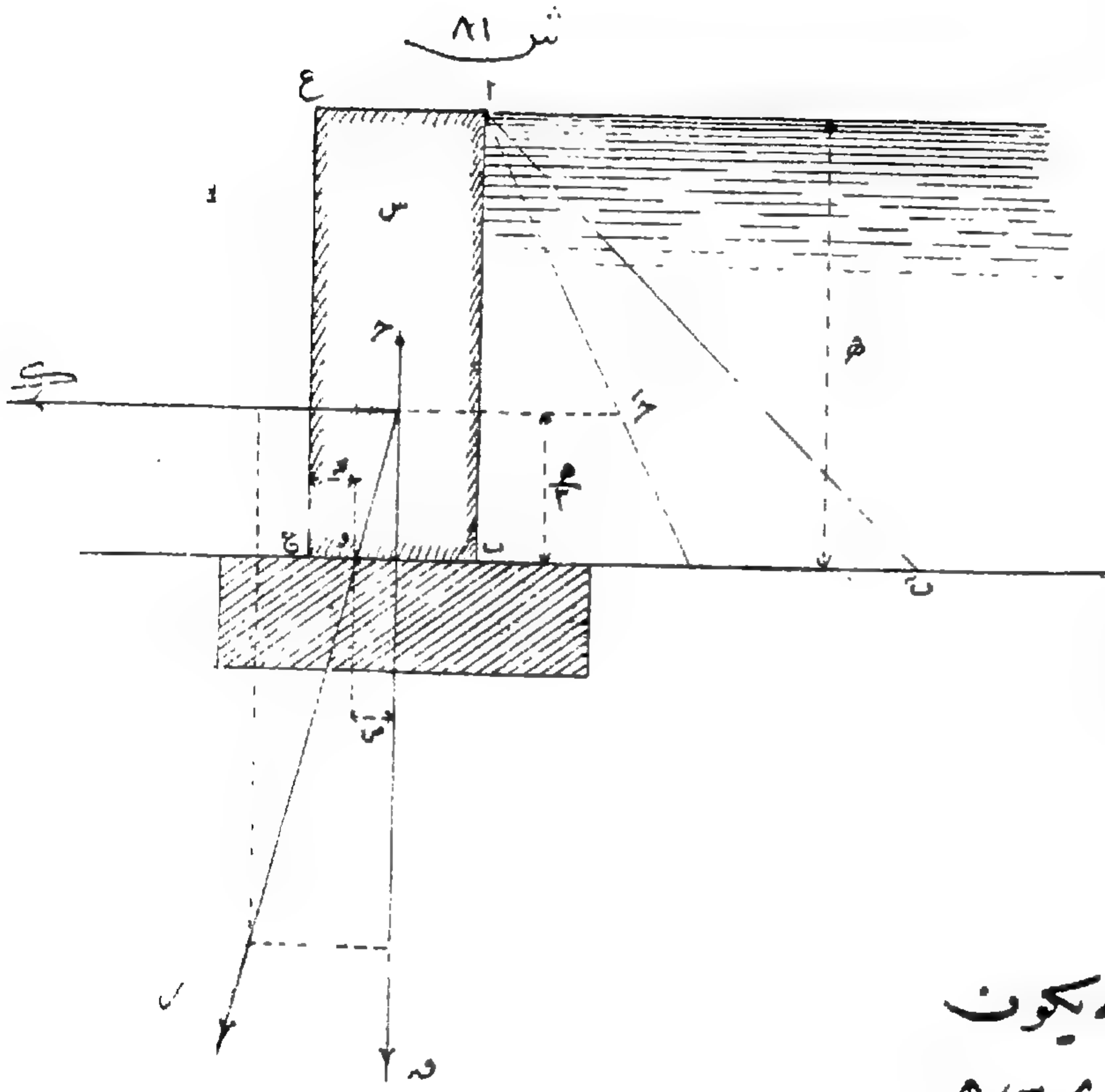
ولكن من الشكل $ص = ع \times س$ (ج)

وحيث أنه يلزم بحصول الثبات الجيد أن اتجاه المحصلة $م$ يقطع القاعدة في نقطة متباعدة عن الحرف $ح$ الذي تميل الحائط للدوران حوله بتأثير دفع المياه ببعد أكثر من ثلث عرض الحائط أي أكثر من ثلث $س$ فيلزم استعمال معادلة

$$م = \frac{هـ}{٦} (٤ - \frac{ع}{س})$$

التي فيها $م$ رمز لعامل مقاومة البناء ومنها يحدث

$$و = \frac{س}{٦} (٤ - \frac{ع}{س})$$



واذا اوضح عن ناعن و مقدارها في معادلة (٥) يحدث

$$ص = \frac{س}{٣} \times \frac{٢-٤}{٥}$$

واذا اوضح عوضا عن من مقدارها في معادلة (٥) يحدث

$$\frac{٢٢}{٣} \times \frac{٢}{٥} = \frac{٢}{٣} (م - ٤) \text{ ومنها يحدث}$$

$$س = \frac{\sqrt{\frac{١٠٠٠}{٥}}}{\frac{٢-٤}{٥}} \quad (٦)$$

وهذا القانون يمكن استنتاجه مباشرة من قانون (٦) الخاص بالحيطان الساندة للاتربة يجعل

$$\frac{٢}{٣} = م \quad ١ = ١٠٠٠ \text{ كج}$$

ويمكن تعيين سمك الحائط المذكورة بان يؤخذ العرف بالنسبة الى نقطة ح و يساوى عزم نقل الحائط بضعف عزم دفع المياه كما أجرى ذلك في الحيطان الساندة للاتربة فيكون

$$٤ \times \frac{٢٢}{٣} = \frac{٢}{٣} م \quad \text{ومنها يحدث}$$

$$س = م \times \frac{٤}{٣} \times \frac{٢}{٢٢}$$

$$س = \frac{\sqrt{\frac{١٠٠٠}{٢}}}{\frac{٤}{٣} \times \frac{٢}{٢٢}} \quad (١)$$

وهذا القانون يمكن استنتاجه مباشرة من قانون (١) الخاص بالحيطان الساندة للاتربة يجعل $\frac{٢}{٣} = م$

$$١ = ١٠٠٠ \text{ كج}$$

فعلى هذا اذا كان وجه الحائط مائلا بميل $\frac{١}{٢}$ و $\frac{١}{٢}$

شكل ١ فان السك في قمة الحائط يتبين من قانون (٣)

$$\text{يجعل } \frac{٢}{٣} = م \quad ١ = ١٠٠٠ \text{ كج هكذا}$$

$$س = \frac{\sqrt{\frac{١٠٠٠}{٢}}}{\frac{١}{٢} + \frac{١}{٢}} \quad (٢)$$

فاذا كان الوجه الداخل رأسيا يكون $\frac{١}{٢} = ٠$ ويحدث

$$س = \frac{\sqrt{\frac{١٠٠٠}{٢}}}{\frac{١}{٢}} \quad (٤)$$

واذا كان الوجه الخارج هو الرأسى فقط يكون $\frac{١}{٢} = ٠$

ويحدث

$$س = \frac{\sqrt{\frac{١٠٠٠}{٢}}}{\frac{١}{٢} - \frac{١}{٢}} \quad (٤)$$

واذا كان الحائط مائلا الى الداخل شكله فانه كفى ان يجعل

$$\text{في قانون (٩) } ١ = ١٠٠٠ \text{ كج } \frac{٢}{٣} = م \quad ١ = ١٠٠٠$$

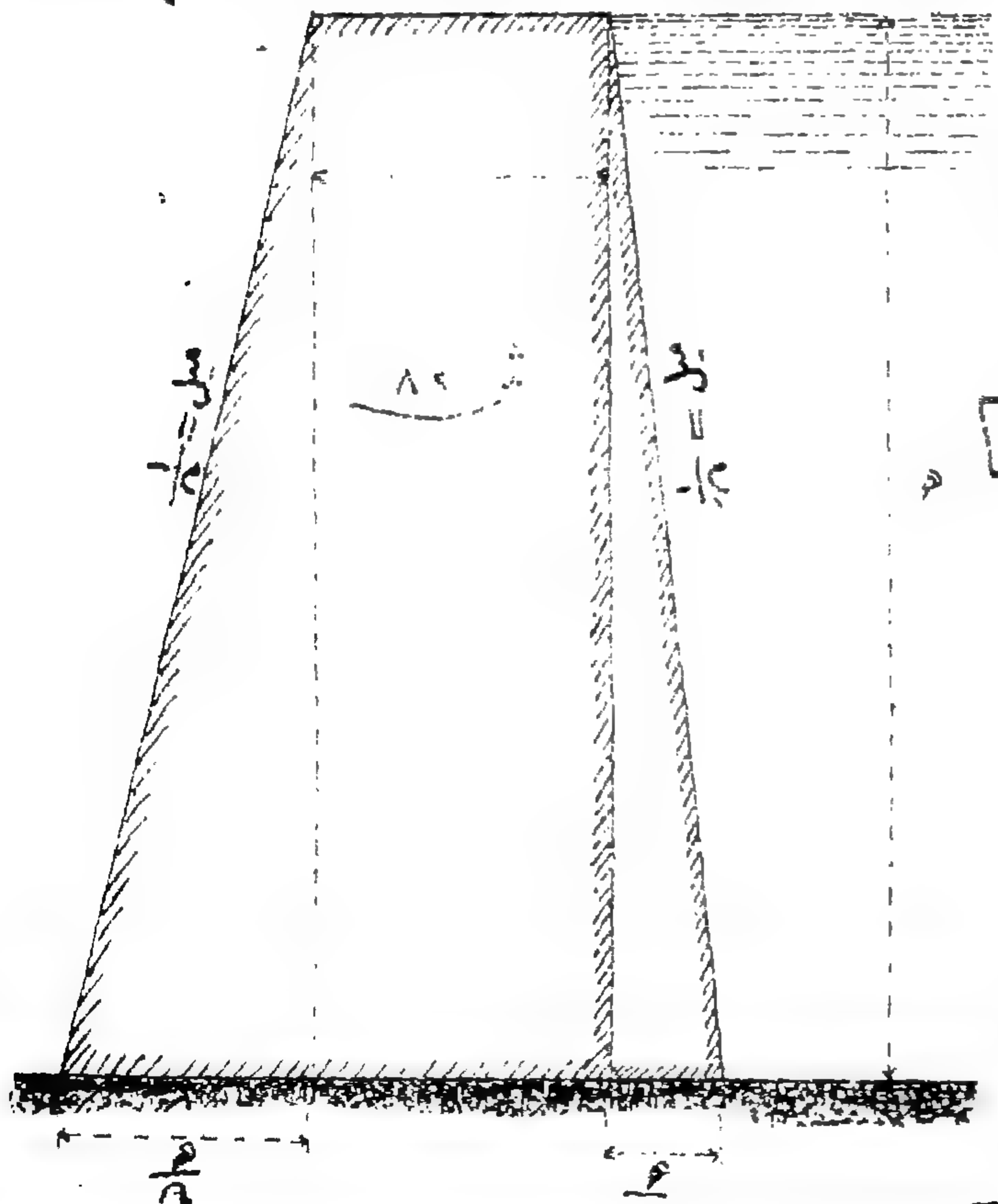
وحيث يكون

$$س = \frac{\sqrt{\frac{١٠٠٠}{٢}}}{\frac{١}{٢} - \frac{١}{٢}} \quad (٥)$$

وبعد تعيين اسماك الحيطان من القوانين السابقة بحسب الاحوال المختلفة يمكن التحقق من مقاومتها

للاقلاب بتعيين نقطة تأثير محصلة دفع المياه ونقل الحائط معا على قاعدة الحائط اعنى نقطة

تقابل



تقابل المحصلة المذكورة بالقاعدة ومناقشة بعد هاتين نقطة الدوران ثم بعد ذلك يتحقق من مقاومة
الكانط للثقت باستعمال القوانين الخاصة بالصفحة

وتعيين مقدار معامل المقاومة ومناقشته مع ملاحظة
أن الضغط الرأسى الداخلى فى القرائين المذكورة هو المركبة
الرأسية للمحصلة السابقة وأخيرا فيتحقق من المقاومة
للازلاق بضرب مقدار المركبة الرأسية المذكورة
فى معامل الاحتكاك ومقارنته بالمركبة الافقية للمحصلة
السابقة أيضا

وتسمى المسألة المحيطان البيانة للمياه نضع هنا القوايين
الخاصة بحساب العبادات ^{حيطان} الخرافة ^{مكوك} في زمير بالمرور
لارتفاع الحائط بالقدم وبالرمن من لاخطاط أي
قطاع أفقي عن سطح الماء بالقدم وبالرمن من لتباعد
طرف القطاع من الخارج عن الخط الراسي بالنسبة للبعد
من بالقدم وبالرمن مع لتباعد طرف القطاع من
الداخل عن الخط الراسي بالنسبة للبعد

بِالْقَدَرِ وَالرِّمَى

و. لسبك الحائط في القبة بالقدوم والرس.

٢. لسان الحائط على ربيع الارتفاع من الأعلى
بالقدم وبالرأس

م النهاية الضغط المسبوح الطولونات
الانجليزية على القدم المربع وهي تساوي
١٠٦ ر ١٠٦ كج وحينئذ يكون

١٥٤ = ١٥٤

$$\sqrt{\frac{30.5}{3}} = \text{ص}$$

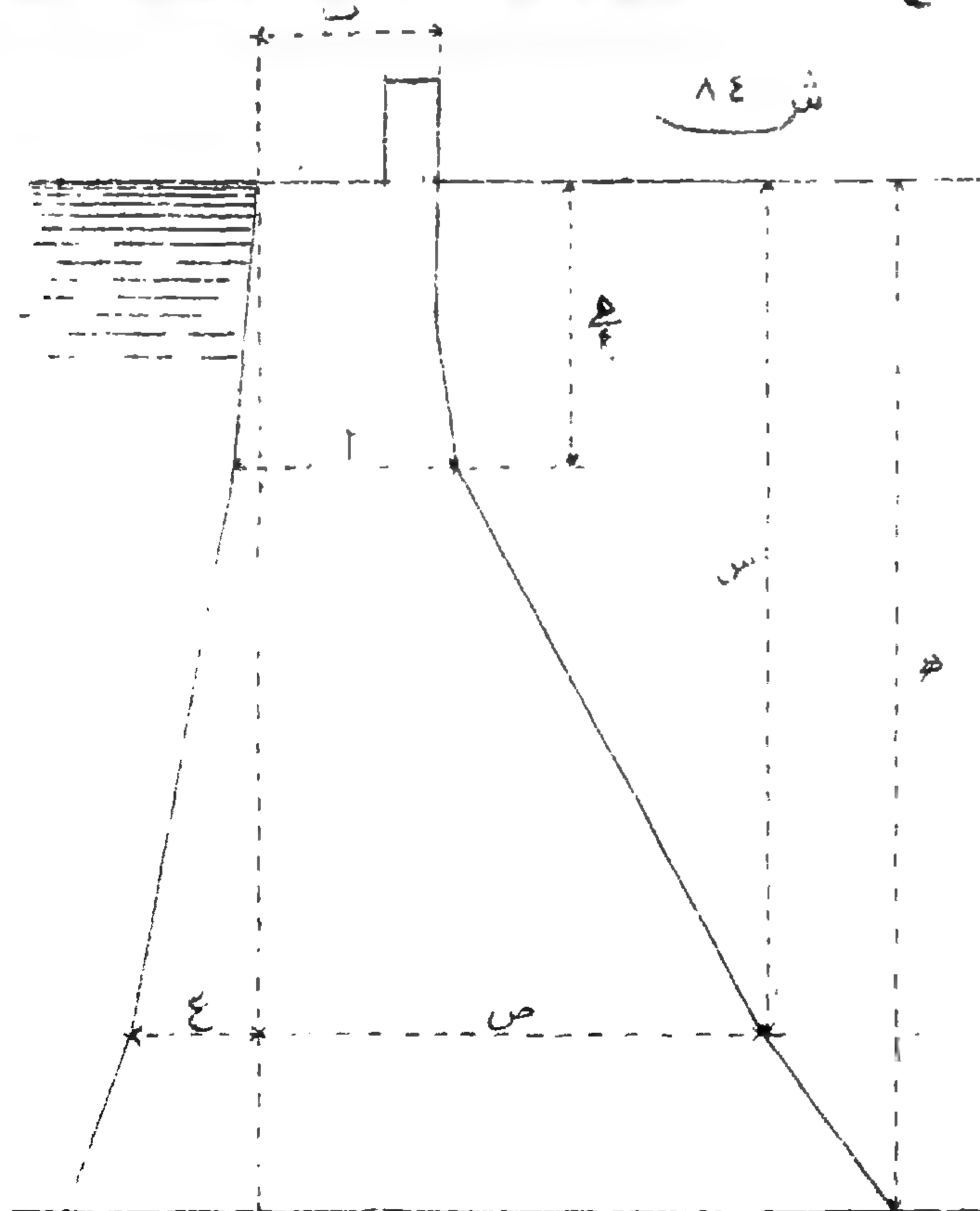
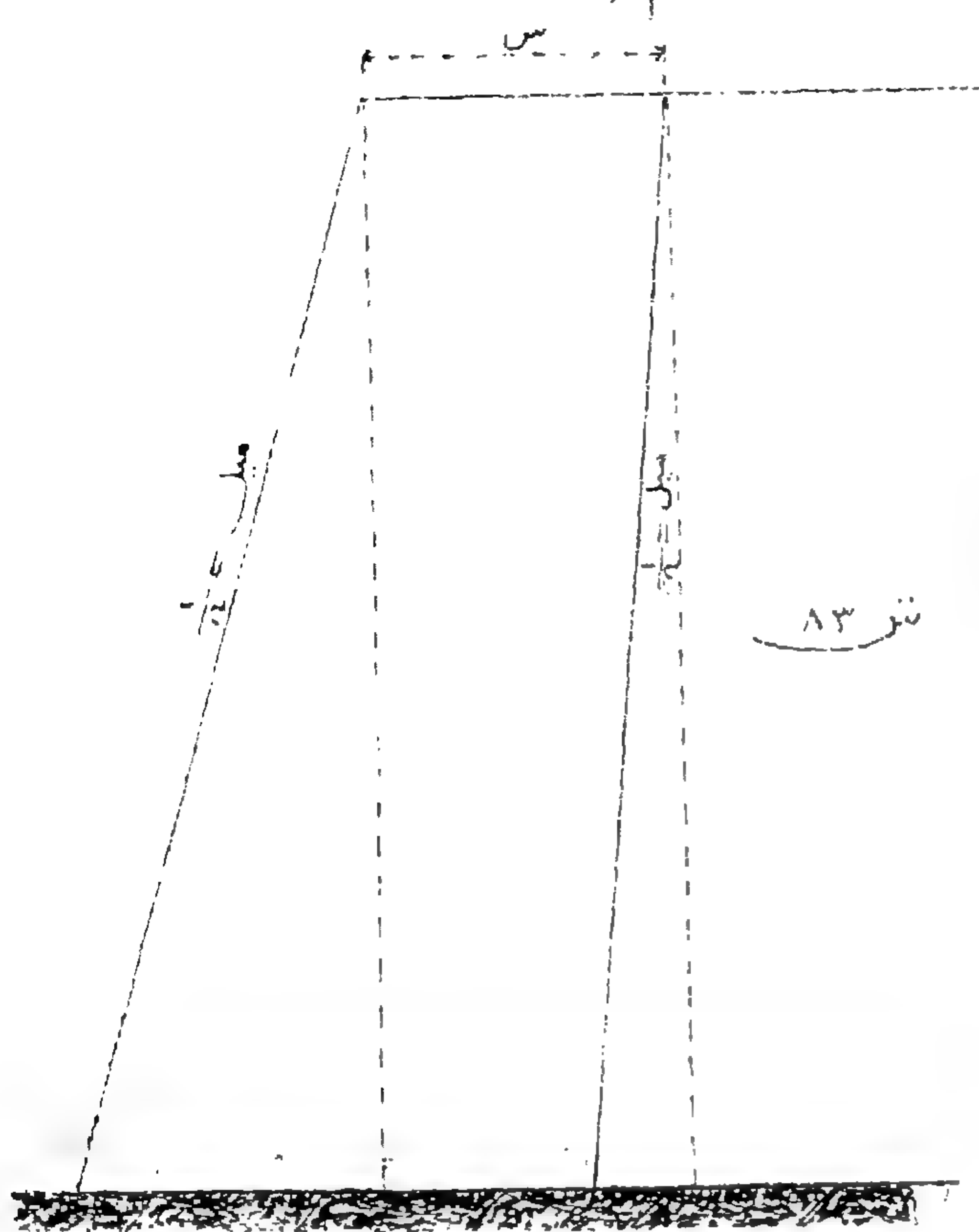
$$\left(\frac{30.9}{4} \right) = \text{ع}$$

وإذا كان مقدار α المحصل من القانون

اقل من ۶ د س فیلز م جمعہ مساویا الی

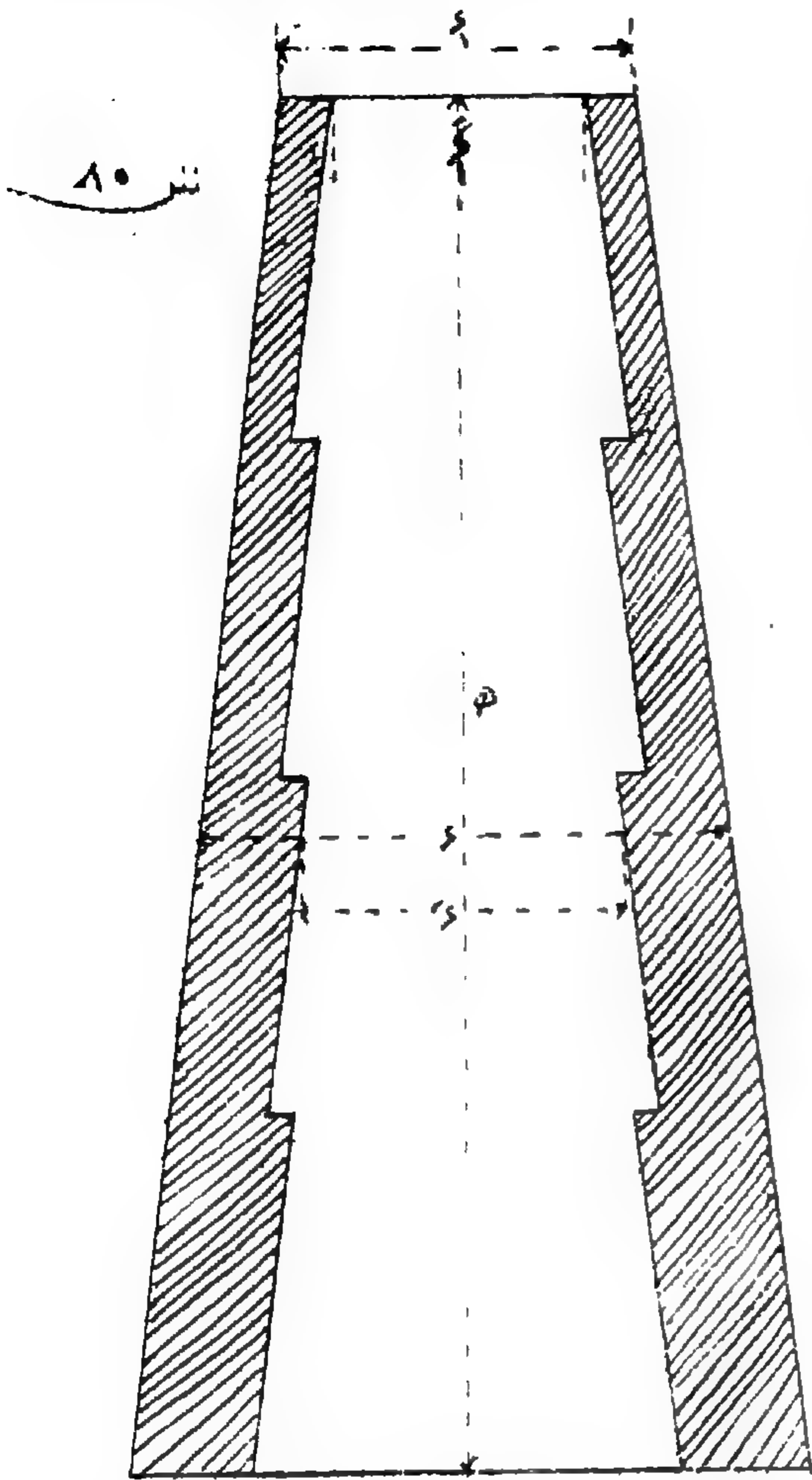
٦ ز. س اعني أن ص = ٦ ز. س في النهاية الصغرى

ويلاحظ ان مقدار م يجعل عادة مساويا الى هـه طونولامة



في المداخن

شكل مداخن الورش أي المداخن التي من الطوب قد يكون هرميا وغالبا يكون مخروطيا وعند ما يكون



هرميا اما أن يكون ذات اربعة أوجه متساوية أو ذات ثمانية أوجه متساوية ولانشاء أي مدخنة من هذا القبيل يقتضى ان يكون فحة المدخنة من أعلى وارتفاعها معلومين وذلك بناء على الحسابات الخصوصية المتعلقة بقزانات الآلات البخارية وأما سمك المدخنة من أعلا فإنه اما ان يكون ١١ متر أو ١٢ متر أعنى بمقدار نصف طوبه أو طوبه كاملة اذا تقرر هذا فإن قطاع المدخنة على الخطاط هـ من القمة شكله يتعين من القانون

$$\text{لو } \frac{ب}{م} = \frac{ث}{م} \dots (١)$$

الذي فيه ب رمز لقطاع القمة من الخارج ، ب و رمز لقطاع الخارج على الخطاط هـ من القمة ، لو رمز للوغاريتم النبريا في ث رمز لثقل المتر المكعب من البناء ، م رمز لمعامل المقاومة مع ملاحظة أنه في حالة ما يكون المدخنة مخروطية الشكل يكون $\frac{ب}{م} = \frac{ب}{م} (١ - \frac{ب}{م})$ ، $\frac{ب}{م} = \frac{ب}{م} (١ - \frac{ب}{م})$ (٢)

$$\frac{ب}{م} = \frac{ب}{م} + ٢٤ + ٥ \dots (٣)$$

وفي هذا القانون الأخير ٥ رمز لليل بالنسبة للمتر الواحد ومقدار هذا الميل يختلف في المداخن من ١٠ متر الى ٣٠ متر بالنسبة للمتر الواحد والميل الأخير هو المستعمل بكثرة وقد تستعمل طريقة خصوصية في المداخن بدلا عن حساب وهي

أنه بعد تعيين السطح الخارج للمدخنة بناء على الارتفاع المعلوم والميل بالنسبة للمتر الواحد يجرى ازدياد السمك دفعة واحدة بالابتداء من القمة بقصص قدر كل منها ١١ متر أي نصف طوبه وذلك على مسافة كل ٣ متر أو ٤ متر أعنى اذا كان سمك المدخنة في القمة ١١ متر يكون هذا السمك مستمرا على مسافة ٣٣ متر أو ٤٤ متر وبعد ذلك يضاف اليه ١١ متر فيكون ٤٤ متر ويستمر هذا السمك أيضا في المسافة التالية التي قدرها ٣٣ متر أو ٤٤ متر وهكذا الغاية المسافة الأخيرة من أسفل

وأما في حالة ما يراد حساب المدخنة بقانون (١) فإنه يلزم تحويل اللوغاريتم النبريا في الى لوغاريتم عتاد بحيث تصبح المعادلة المذكورة تقول الى

$$\text{لو } \frac{ب}{م} = \frac{ث}{م} \text{ أو } \frac{ب}{م} = \frac{ث}{م} \times \frac{١}{٤٣٠٠٥٨} = \frac{١}{٤٣٠٠٥٨} \times \frac{ث}{م} \dots (٤)$$

في حساب

في حساب مدخنة من الطوب

الحساب الذي سيجري عمله يمكن تطبيقه على جميع المباني المشابهة للمدخلن مثل الأبراج والفناوات
وخلافه وسنمثل لذلك بمثال فنقول —

مثال — نفرض أن الارتفاع هـ للمدخنة من ابتداء سطح الأرض الى القمة يساوي اربعين مترا وأن
القطر الداخلى للمدخنة من أعلا يساوى ٥٠ مترا وأن المدخنة المذكورة تتكون من خمسة أجزاء
كل منها له سمك منتظم من الطوب في جميع ارتفاعه مع ملاحظة أن هذا السمك يختلف بالنسبة لكل
جزء من الأجزاء المذكورة

حساب الجزء الأول — نفرض أن ارتفاع الجزء الأول بالابتداء من القمة يساوى ١٥ مترا وأن سمكه الثابت ٥٠ سم
ونعتبر الميل بالنسبة للمتر الواحد مساويا ٠.٣ متر ثم يقال

أن الجزء المذكور يمكن اعتباره كجسم متأثر بضغط الرياح وبثقله الخاص وحينئذ تكون المقاومة بالنسبة
للوحدة السطحية للأجزاء الأكثر تأثرا من قاعدة الجزء المفروض معينة من القانون العمومى الآتى وهو

$$P = \frac{E_1}{2} + \frac{E_2}{2} \dots \dots (٥)$$

الذى فيه ع رمز لعزم الانحناء المنسوب لضغط الهواء ، ب شكل ٨٦ رمز للقطاع الأكثر تأثرا ، و

رمز لبعده مركز ثقل القطاع المذكور عن الجزء الأكثر تأثرا ، هـ
رمز لعزم قصور القطاع المذكور ، قـ رمز لثقل الجزء المفروض
من المدخنة فالقطاع ب دائرة قطرها ٨٤٠ سم = ٢٠٠ ر = ٢٠٠ م + ٤٤٠ م
وأما هـ فإنه = ٤٤٠ متر وحينئذ إذا فرضنا للضغط الواقع
من الهواء على المتر المربع بالرمز قـ وكان مقدار الضغط المذكور
مساويا الى ٨٥ كيلوجرام فيكون

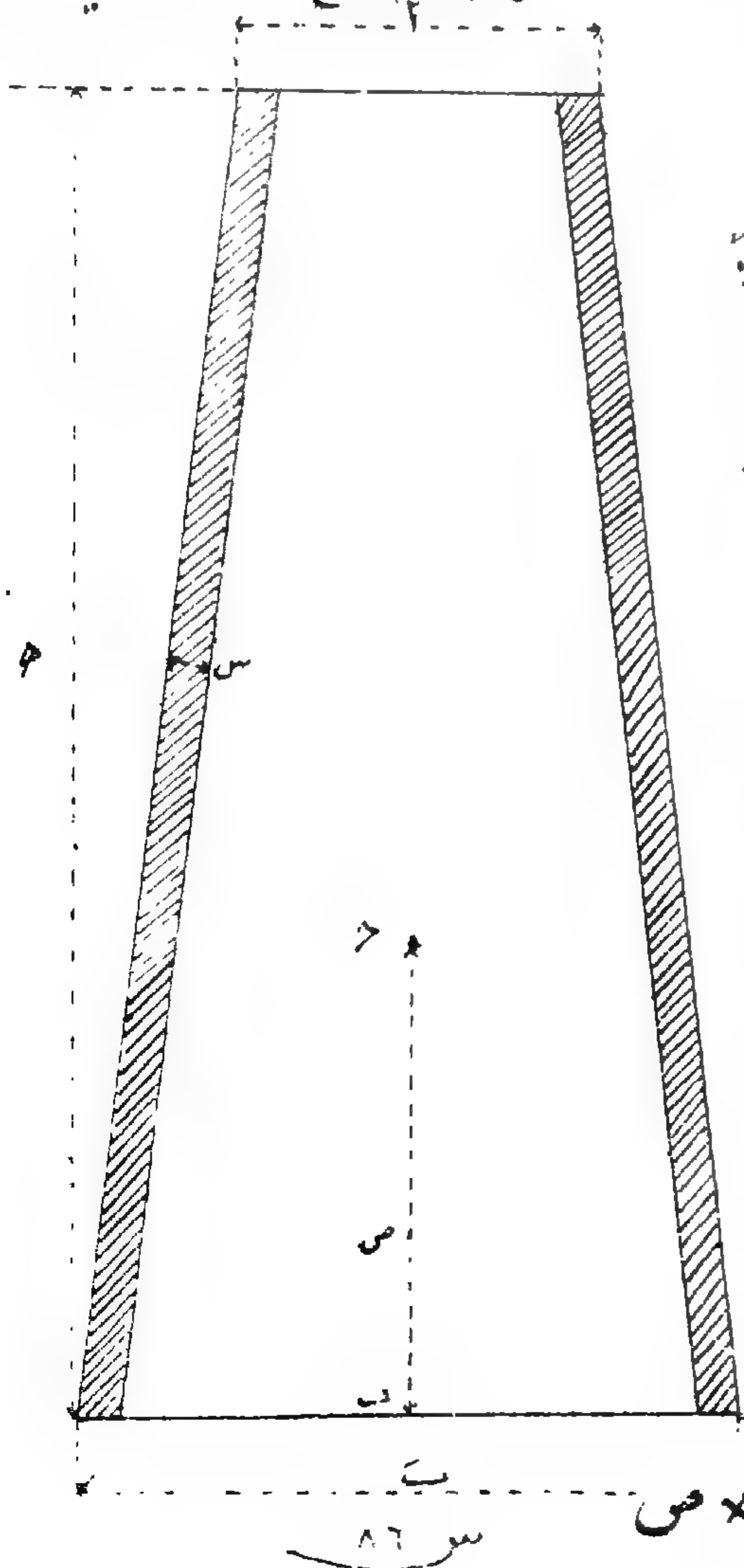
$$ق = ٨٥ \text{ كيلوجرام}$$

ولكن حيث أن ضغط الهواء واقع على شبه مخروط ارتفاعه
هـ = ١٥ متر وقاعدته المتوازيان مساويتان على التناظر
الى ٢ = ٩٤٠ متر ، ب = ٢٠٠ م = ٢٠٠ م فيكون مقدار
الضغط المذكور هو

$$ق = هـ \times \frac{٢ + ٢}{٢}$$

وحيث أن هذا الضغط واقع في مركز الثقل لـ شبه المخروط
المذكور فإذا فرضنا لبعده مركز الثقل المذكور عن القاعدة ب
بالرمز ص يكون

$$ع = ٥ \times \frac{٢ + ٢}{٢} \times ص$$



ولكن

$$س = \frac{١٠٠}{٣(٢٤+٢٢)} \text{ حينئذ يكون}$$

$$ع = قه = قه \times \frac{٢٢+٢٤}{٣(٢٤+٢٢)} \text{ أو}$$

$$٤١٤٠٠ = \frac{ق ه (٢٤+٢٢)}{٣}$$

وكذا

$$و = \frac{١٠٠}{٣} \text{ كما سبق أي } ٤٤٠٠$$

$$م = \frac{ط}{٣} = \left[\frac{٢٢}{٣} - \frac{٢٤}{٣} (س - ٢) \right] = ١٥٦٩٧٤٨$$

$$ن = \frac{ط}{٣} = \left[\frac{٢٤}{٣} - \frac{٢٢}{٣} (س - ٢) \right] = ١٨٠٨١٨$$

$$(١) \quad \frac{ق}{٣} = \frac{١}{٣} ط ه \left(\frac{٢٢}{٣} + \frac{٢٤}{٣} + \frac{٢٤}{٣} \right) = \frac{١}{٣} ط ه \left[\frac{٢٢}{٣} (س - ٢) + \frac{٢٤}{٣} (س - ٢) + \frac{٢٤}{٣} (س - ٢) \right]$$

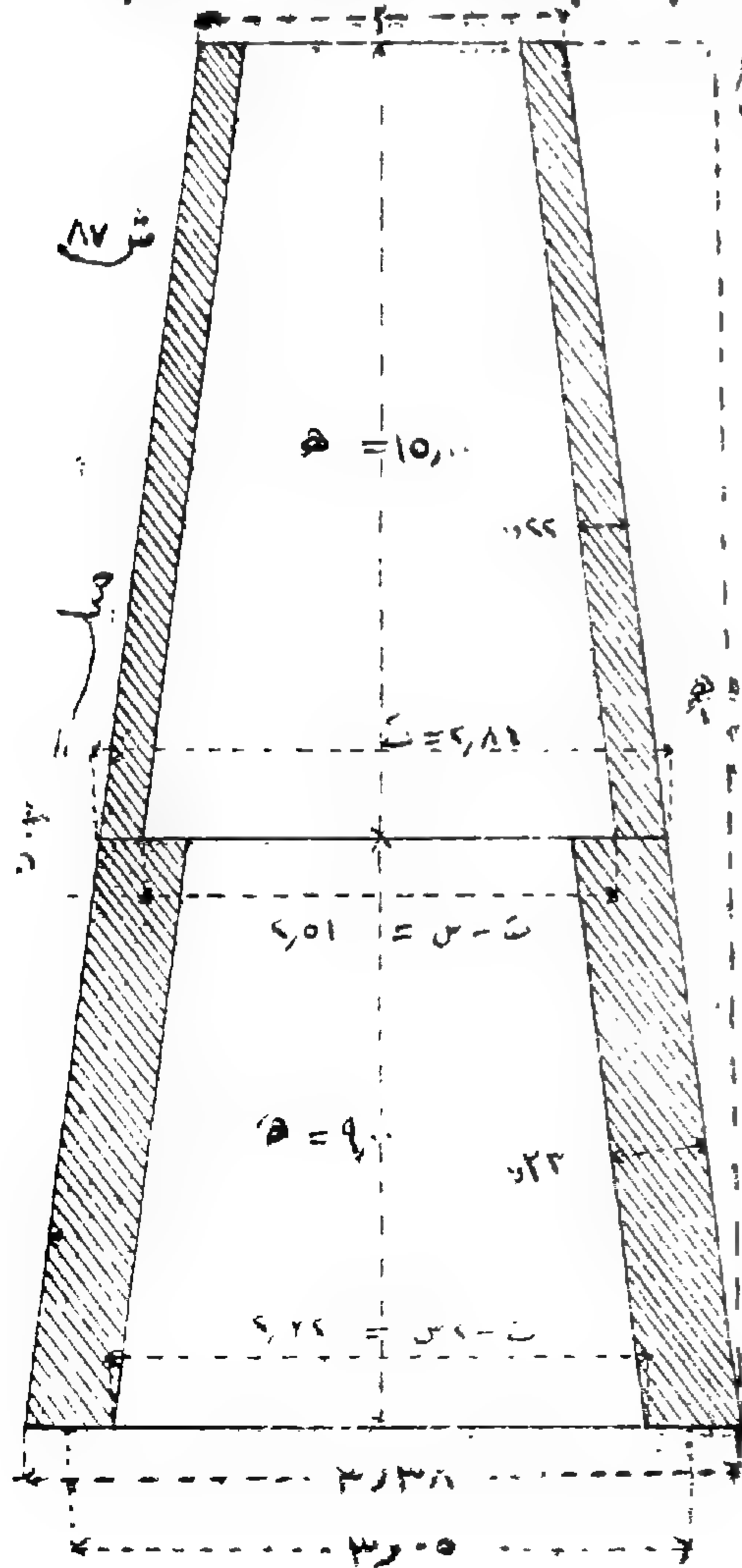
ومن هذه المعادلة $و = ٣١٤٩٥٧٩٦٦٤$ كيلوجرام

وفي هذه الثلاثة معادلات الأخيرة س ومناسك بناء الجزء المفروض من المدخنة ويستخرج مقدار ثقل الجزء المفروض من المعادلة الثالثة وقد يمكن استخراج مقدار و بتقريب كاف من المعادلة

$$و = ط \times \frac{(س - ٢) + (س - ٢)}{٣} \times ٥٠٠ = ٣١٤٩٥٧٩٦٦٤ \text{ كيلوجرام}$$

على اعتبار أن الجزء المفروض للمدخنة كاسطوانة مجوفة سمكها س وقطرها مساو للمتوسط العددي بين القطرين المتوسطين العلوي والسفلي للقاعدتين المتوازيتين

وبإجراء الحساب على هذا الاعتبار وملاحظة أن ثقل المتر المكعب من البناء بالطوب يساوي ١٤٠٠ كجم



هو $م = ٣٦٨٣١٩٠$ كيلوجرام

حساب الجزء الثاني - باعتبار الميل السابق عينه لسطح الخارج للمدخنة

شكلياً وجعل ارتفاعه مساوياً إلى ٩.٠٠ متر وسمكه مساوياً إلى

٣.٣ متر وإجراء الحساب بطريقة مشابهة لما سبق يكون

$$ع = ٥٩٤٤١٨٨٠ \quad م = ٣٦٨٣١٩٠$$

وحيث أن $س = \frac{٣}{٤} = \frac{٣٦٨}{٤١٤٠٠}$ فيكون

$$\frac{ق}{٣} = \frac{٣٦٨}{٤١٤٠٠} \text{ وحيث أن}$$

$$\frac{ق}{٣} = \frac{٤١٤٠٠}{٤١٤٠٠} \text{ فيكون}$$

$$م = \frac{ق}{٣} + \frac{ق}{٣} = ٤٨٣٥٩٦٤ \text{ كيلوجرام}$$

بالنسبة للمتر المربع

ويجوز الحساب على هذا المنوال من جزء إلى آخر وحساب المقادير المتتابعة للكتلة م مع الاعتناء بحساب مقدار س الذي هو عبارة عن بعد مركز ثقل مجموع الأجزاء المعبرة للمدخنة عن قاعدتي الجزء الأخير

الحاري

لجاري فيه العمل الى أن تنتهي جميع اجزاء المدخنة ويتقضى ان لا يتجاوز مقدار م بالنسبة لقاعدة كل جزء جاري فيه العمل لحد النهائي المستعمل للمقاومة مع الأمن ففي المداخل المبنية بالطوب يلزم أن لا يتجاوز مقدار م ستة كيلوجرام بالنسبة للسنتي متر المربع فاذا ظهر من الحساب أن مقدار م تجاوز هذا المقدار يلزم تغيير ميل السطح الخارج للجزء الأخير من المدخنة الجاري فيه العمل وإعادة الحساب بالثاني ومتى تغير ميل السطح الخارج للجزء المدخنة فإنه يلزم حساب مقدار ص بالبحث عن مركز ثقل الشكل المتكون من مجموع الأجزاء المفروضة للمدخنة واذا لم تستعمل الطريقة المذكورة المؤسسة على استعمال قانون (٥) فإنه يمكن حساب القطاعات المتتالية باستعمال قوانين (٢)، (٣)، (٤) وحينئذ باعتبار معالم الجزء الأول من المدخنة في القوانين المذكورة يحدث

$$T = 6.2 \text{ متر} = T - 4 \text{ م}$$

$$S = 6870 \text{ ، } S = 18 \text{ متر} = T \text{ تقريبا}$$

ويمكن حساب القطاعات المتتالية المخططة عن القطاع العلوي للمدخنة بأبعاد معلومة بالطريقة الآتية وهي

أن يعين مقدار الضغط الكلي الافقي للهواء على القطاع الأصلي المار بمحور المدخنة ونقطة تأثيره في القطاع المذكور ثم يعين مقدار ثقل الجزء المختار من المدخنة وبعد ذلك يعين اتجاه محصلة هذا الثقل والضغط الكلي للهواء السابق ذكره ونقطة تأثيرها على القاعدة فإن كان بعد نقطة التأثير المذكورة عن نقطة الدوران مساويا لثلث طول القاعدة أو أكثر كان عدم الانقلاب محققا وزيادة وحينئذ فيحقق من المقاومة للتفتت في نقطة الدوران باستعمال القانون

$$M = \frac{S}{J} (2 - \frac{S}{J})$$

الذي يجب فيه مقدار م بالنسبة للمتر المربع فاذا كان مقدار م المذكور أصغرا أو مساويا لضغط الأمن بالنسبة للوحدة السطحية كان بها والا فيلزم تغيير مقدار طول القاعدة وإعادة الحساب بالثاني واما ان كان بعد نقطة تأثير المحصلة المذكورة عن نقطة الدوران أقل من ثلث طول القاعدة بأن كان قريبا من الربع فيكون عدم الانقلاب محققا ايضا ويتقضى التحقق من المقاومة للتفتت في نقطة الدوران المذكورة باستعمال القانون

$$M = \frac{S}{J}$$

واما ان كان بعد نقطة تأثير المحصلة المذكورة عن نقطة الدوران أقل من ثلث طول القاعدة بكثير فيقتضى تغيير طول القاعدة المذكورة وإعادة الحساب بالثاني

وبتطبيق هذه الطريقة على حساب الجزء الأول من المدخنة السابق ذكره الذي فيه

$$أ = ط ل = ٩٤ \text{ متر} ، ت = ا ب = ٨٤ \text{ متر} ،$$

$$هـ = ي هـ = ١٠٠ \text{ متر} ، وسمك البناء في الجزء المذكور وهو$$

$$س = ٠,٢٢ \text{ متر} ، وضغط الهواء على المتر المربع وهو$$

$$٨٥ = \text{كيلوجرام يكون}$$

$$ح هـ = ص = \frac{هـ}{(أ+ت)^3} = ٧,٣ \text{ متر}$$

واذا فرض للضغط الصافي للهواء على القطاع الأصلي بالرمز ك

شكل ٨٨ يكون

$$ك = ح هـ \times \frac{أ+ت}{٢} = ٣٠٤٧,٢٥ \text{ كيلوجرام أو}$$

$$٣٠٤٧ \text{ كيلوجرام وكان هـ} = ٣١٤٩٦ \text{ كيلوجرام}$$

فيتمثل يكون

$$هـ و ا ف ر : : ح هـ : ح ف ، ومنه يحدث$$

$$هـ و = \frac{ك \times ص}{هـ} = ٠,٦٨ \text{ متر}$$

وحيث ان مقدار هـ و في هذه الحالة قريب من ربع طول القاعدة

فيحقق من المقاومة للثقت في نقطة الدوران بحساب مقدار م من المعادلة

$$م = \frac{هـ ك}{٤٣}$$

التي فيها هـ = و ب = ٠,٧٤ متر فيحدث

$$م = \frac{٣١٤٩٦}{٠,٧٤} \times \frac{٤}{٤٣} = ٢٨٣٧٤,٧٧ \text{ كيلوجرام بالنسبة للمتر المربع}$$

وبنهم من ذلك ان أبعاد الجزء الأول المفروض من المدخنة موافقة للانقلاب والستت وقس على هذا

ديناميكا تطبيقية

الديناميكا التطبيقية هي التطبيق العملي لعلم الديناميك

القوى الانسانية والحيوانية والقوى

المتولدة بالآلات على حسب قاعدة الشغل

وحدة الشغل - الشغل اللازم لرفع ثقل قدره كيلوجرام واحد الى ارتفاع متر واحد يسمى وحدة شغل ويلفظ به كيلوجرام متر فاذا أخذ رجل ثقل كيلوجرام واحد ورفعه بيد الى متر واحد فقد أحدث وحدة شغل

شغل

وحينئذ واحد كيلوجرام مرفوعا الى عشرة امتار يكون عبارة عن عشرة وحدات شغل
وعشرة كيلوجرام مرفوعة الى متر واحد يكون عبارة عن عشرة وحدات شغل
وخمسة كيلوجرام مرفوعة الى مترين يكون عبارة عن عشرة وحدات شغل
واثنين كيلوجرام مرفوعة الى خمسة امتار يكون عبارة عن عشرة وحدات شغل

تمريبات

تمرين أول - س - ماهي وحدات الشغل اللازمة لرفع ١٠ كجم الى ارتفاع ٣٠ متر

ج - وحدات الشغل = $30 \times 10 = 300$

تمرين ثاني - س - ماهي وحدات الشغل اللازمة لرفع منداله أى ماشوله وزنها ٥٠٠ كجم على مسافة
خمسة امتار من الارتفاع

ج - وحدات الشغل اللازمة = $5 \times 500 = 2500$

تمرين ثالث - س - ماهي وحدات الشغل الناتجة عن رجل ثقله ٦٠ كجم يصعد على ارتفاع قدره ٦٠ متر
ج - وحدات الشغل = $60 \times 60 = 3600$ أعني اذا وضع هذا الرجل في مقطف أثناء نزوله فإنه يعمل
٣٦٠٠ وحدات شغل على أى شئ آخر متصل به

تمرين رابع - س - ماهي وحدات الشغل اللازمة لرفع ٨٠٠٠ متر مكعب ماء لارتفاع ٦٠ متر

ج - ثقل المتر المكعب من الماء = ١٠٠٠ كجم وعليه فوحدات الشغل اللازمة = $8000 \times 60 = 480000$

تمرين خامس - س - ماهي وحدات شغل حصان في الثانية بفرض سيره ٤ كيلومتر في الساعة وأنه يرفع
٧٠ كجم من ماء بواسطة جبل على بكرة ثابتة بصرف النظر عن الاحتكاك

ج - سير الحصان في الثانية = $\frac{4}{3600} = \frac{1}{900}$ متر وعليه فوحدات الشغل في الثانية يساوي
 $70 \times 111 = 7770$

شغل الحصان البخاري - المعتبر الآن أن الحصان البخاري يمكنه رفع ٧٥ كجم الى ارتفاع متر واحد
في الثانية وعلى ذلك يكون شغل الحصان البخاري مساويا ٧٥ وحدات شغل في الثانية أى ٧٥ كيلوجرام
متر في الثانية

تمرين سادس - س - اذا كانت آلة بخارية يلزم ان ترفع ٨٠ متر مكعب ماء في ساعة واحدة من بحر اوطى
عن محل الرفع بقدر ١٤٠ متر فما يكون مقدار شغلها بالكيلو البخارية أى قوتها بالكيلو البخارية في الثانية

ج - ثقل الماء اللازم رفعه = $80000 \times 100 = 8000000$ كجم ووحدات الشغل في الساعة يساوي
 $8000000 \times 140 = 112000000$ ووحدات الشغل في الثانية = $\frac{112000000}{3600} = \frac{11200000}{36}$ وقوة الآلة بالحصان
البخاري = $\frac{11200000}{36} \times \frac{1}{75} = 35000$ حصان بخاري

س - ماهو مقدار الفحم الحجري الممكن رفعه بواسطة وابور قوة ٤ خيل من بئر عمقها ١٠٠ متر في الساعة الواحدة

س - ماهو مقدار الامتار المكعبة من الماء الممكن رفعها في الساعة بواسطة وابور قوة ٣٦ حصان من بزمياهه مخططة ٨ متر عن محل الرفع

س - ماهي قوة الوابور الذي يرفع ٧٠٠٠ ك م في الساعة من فحم حجري موجود في بئر واطى بمقدار ١٥٠ متر عن محل الرفع بفرض $\frac{1}{4}$ شغل الوابور معدوم بالاحتكاك

تمرين سابع - س - المطلوب معرفة قوة الوابور اللازمة لاعطاء المياه لمدينة حلوان بفرض مدة الشغل ١٢ ساعة في اليوم وعدد سكان المدينة ٤٠٠٠٠ نفر واللازم لكل نفريوميا من الماء ١٥٠ ار. متر مكعب والماء منخط عن محل الرفع ٦٠ متر

ج - الماء اللازم رفعه يوميا هو $٤٠٠٠ \times ١٥٠ = ٦٠٠٠٠٠$ متر مكعب ووزن الماء المرفوع في الثانية بالوابور الدائر ١٢ ساعة يوميا $= \frac{٦٠٠٠٠٠ \times ٦٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ١٢} = ١٣٨٩$ ك م

وحينئذ وحدات الشغل في الثانية $= ٦٠ \times ١٣٨٩ = ٨٣٣٠٤$ كيلوجرام متر

وعليه فتوة الوابور $= \frac{٨٣٣}{٧٠} = ١١$ حصان بخاري وهذا التقدير هو على حسب قاعدة الشغل العمومية بصرف النظر عن احتكاك الماء في المواسير وغير الموضع في علم الايدروليك

س - ماهي قوة الوابور الذي يرفع ماء من ثلاث تسويات اعطاطها عن محل الرفع على التناظر ٨٠ / ١٥٠ / ١٨٠ متر بشرط ان يرفع في الدقيقة من التسوية الاولى

١ متر مكعب

ومن الثانية $\frac{1}{4}$ "

ومن الثالثة ١ "

بفرض ان ثلث شغل الوابور معدوم بالاحتكاك

س - ماهي قوة الوابور اللازمة لادارة ٢٠ مرزبة ثقل كل منها ٢٠ ك م ترتفع وتنزل ١٠٠ مرة في الدقيقة على مسافة ٦٠ ر. متر

تمرين ثامن - س - وابور قوة ١٠ حصان يرفع ٤٠٠٠ ك م فحم حجري من بئر عمقه ٣٠٠ متر في الساعة ويدور أيضا مرزبة ترتفع وتنزل ٥٠ مرة في الدقيقة على مسافة ٢٠٠ ر. متر والمطلوب معرفة ثقل المرزبة المذكورة

ج - وحدات شغل الوابور في الثانية $= ٧٥ \times ١٠ = ٧٥٠$

وحدات الشغل اللازمة لرفع الفحم في الثانية $= \frac{٤٠٠٠ \times ٣٠٠}{٦٠ \times ٦٠} = ١٦٧$ والفرق بين هذين المقدارين المساوي ٥٨٣ هو وحدات الشغل الذي يصنفه الوابور على المرزبة

وبفرض ان س ثقل المرزبة يكون

وحدات الشغل اللازمة لرفع هذه المرزبة في ثانية $= \frac{٥٠ \times ٤ \times ٥}{٦٠}$ أو $\frac{٥٠ \times ٤ \times ٥}{٦٠} = ٥٨٣$ ومنه

س = ٤٨٣

س = ٣٤٩٨ م وهو ثقل المزرعة

شغل الحيوانات - قوة الحيوانات تختلف على حسب انواع الشغل والسرعة
والجدول الآتي يبين وحدات الشغل التي تنتج من التجارب التي عملت بأحد المصغالة الانكليزية والثانية الموحدة

رجل يرفع وزن نفسه (يصعد على سلم) = ٩٤ وحدات شغل في الثانية

رجل يجر اوبيشد افقى = ٧٠ " " " "

رجل يجر اوبيشد رأسى = ٥٣ " " " "

رجل يدور طاره = ٥٧ " " " "

رجل يشتغل بيد ورجله كما في المقادير = ٩٠ " " " "

مقدار واحد شغل النفر الذي يشتغل ٦ ساعات في اليوم هو كما لا آق

اذا رفع اشياء بواسطة بكرة = ٣٠٥ وحدات شغل في الثانية

اذا رفع اشياء بيد = ٣٠٠ " " " "

اذا رفع اشياء على ظهره ورجع فارغا = ٤٥ " " " "

مقدار وحدات شغل النفر الذي يشتغل ٨ ساعات في اليوم هو كما لا آق

اذا طلع اشياء من بئر عميق بواسطة ونش = ٥٧ وحدات شغل في الثانية

اذا طلع مياه بالبريمه = ٣٠٠ " " " "

اذا طلع مياه بالجرادل والحبل = ٤٠ " " " "

مقدار وحدات شغل النفر الذي يشتغل ١٠ ساعات في اليوم هو كما لا آق

اذا ذق بعربات اليد = ٩٠ وحدات شغل في الثانية

اذا رفع اترية بالكريك على ٥ دا متر من الارتفاع = ١٠ وحدات شغل في الثانية

تلمبيه - اذا اشتغل رجل بمفرده بالبريمه لطلوع المياه ٨ ساعات ستمرة فلا يمكنه ان يعطى وحدات

شغل الا المقدار السابق ايضا

واما اذا اشتغل فيها جملة اشخاص بالمناوبة كل منهم نصف ساعة فانها تعطى ازيد من المقدار

السالف ذكره

الحصان الحقيقي يمكنه ان يعمل في ثانية واحدة ٥٠ وحدات شغل

والبغل يمكنه ان يعمل في ثانية واحدة ٣٧ وحدات شغل

والحمار الحقيقي يمكنه ان يعمل في ثانية واحدة ١٠ وحدات شغل

وحصان الساقية يمكنه ان يعمل في ثانية واحدة ٤٠ وحدات شغل والعشرة الباقية تعتبر فاقدة

في الاحتكاك

تمرين تاسع - س - ما مقدار الامتار المكعبة من الطين الممكن رفعها بعشرين نفرا على مسافة ٥ دا متر

ج - يؤخذ من الجدول السابق ان الرجل يعمل في الثانية ١ وحدة شغل فيكون شغل ٢٠ رجلا في يوم قدره ١٠ ساعات اذا كان ثقل المتر المكعب الواحد من الطين = ١٦٠٠ كجم

قدرة ١٠ ساعات = $١٠ \times ٦٠ \times ٦٠ \times ٦٠ \times ٦٠ = ٧٢٠٠٠٠$ وحدات شغل

وحدات الشغل اللازمة لرفع ١ متر مكعب طين على مسافة ٥٠ متر من الارتفاع = $١٦٠٠ \times ٥٠ = ٨٠٠٠٠$

وعليه فمقدار شغل العشرين رجلا من الامتار المكعبة = $\frac{٧٢٠٠٠٠}{٢٠} = ٣٦٠٠$ متر مكعب طين

س - ما مقدار عدد الطوب الممكن رفعه بنفر واحد في يوم مقداره ٦ ساعات على ارتفاع ١٠ متر

نفرض ان ثقل المتر المكعب من الطوب ٤٠٠٠ كجم وعدد الطوب الداخل في المتر المكعب ٦٠٠

تمرين عاشر - س - ما مقدار الامتار المكعبة من المياه الممكن رفعها بأحد الشفالة من بئر عمقه ٥٠ متر بواسطة الجردل والجبل في ٨ ساعات

ج - من الجدول السابق يرى ان وحدات شغل الرجل في الثانية من هذا النوع ٤٠٠٠ فيكون شغله ٨ ساعات = $٦٠ \times ٦٠ \times ٨ \times ٤٠٠ = ٦٩١٢٠$

والشغل اللازم لرفع ١ متر مكعب من الماء الى ارتفاع ٥٠ متر = $١٠٠٠ \times ٥٠ = ٥٠٠٠٠$

وعليه فمقدار ما يرفع الرجل في ٨ ساعات من الامتار المكعبة = $\frac{٦٩١٢٠}{٥٠} = ١٣٨٢$ متر مكعب

س - ما هو مقدار الكيلوجرامات النعم المحرى الممكن رفعها برجل واحد في ٨ ساعات من خندق عمقه ٥٠ متر بإدارة طارة

تمرين حادي عشر - س - متدالة وزنها ٢٥٠ كجم وتقع على مسافة ٧ متر فمقدار عدد مرات الدق

بشغل أربعة رجال في ٨ ساعات بواسطة طارة

ج - شغل أربعة رجال في يوم قدره ٨ ساعات بحسب الجدول السابق = $٦٠ \times ٦٠ \times ٨ \times ٤٠٠ = ٦٩١٢٠$

وحدات شغل

وحدات شغل دق المتدالة في المرة الواحدة = $٢٥٠ \times ٧ = ١٧٥٠$ وحدات شغل

وعلى ذلك يكون عدد مرات الدق بالمتدالة في ٨ ساعات = $\frac{٦٩١٢٠}{١٧٥٠} = ٣٩٥$ مرة

قوة شد الحيوانات تنقص مع زيادة السرعة والارتباط الكائن بين قوة الشد والسرعة موضع

بالتقريب بالمعادلة الآتية

$$(١) \quad \frac{١}{١١١} - \frac{١}{١١٦} = \frac{١}{١١١}$$

نفرض ان $\frac{١}{١١١} =$ قوة الشد بالكيلوجرام $\frac{١}{١١٦} =$ السرعة بالكيلومتر في الساعة

ومقدار $\frac{١}{١١١}$ يوافق سير الحصان متى كانت السرعة أقل من ٧ كيلومتر في الساعة

تنبيه - من المعلوم ان الخيل في جر البضاعة لا يمكنها ان تسير أزيد من ٧ كيلومتر في الساعة

فاذا فرضنا في معادلة (١) ان السرعة = ٥ كيلومتر في الساعة فتكون قوة الشد $\frac{١}{١١١} - \frac{١}{١١٦} = \frac{١}{١١١}$

واذا كان المسير = ٤ كيلومتر في الساعة تكون قوة الشد $\frac{١}{١١١} - \frac{١}{١١٦} = \frac{١}{١١١}$ كيلوجرام

فبالتأمل

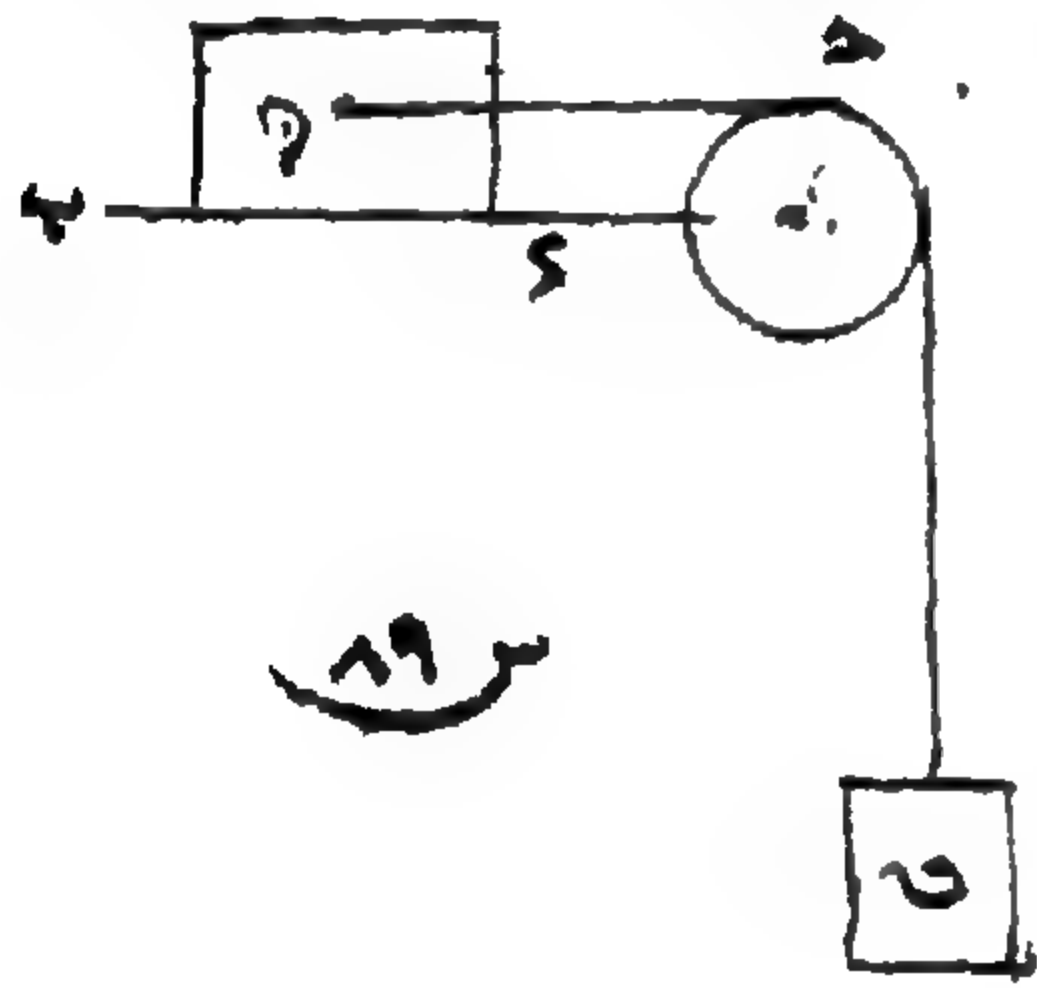
فإننا نأمل في المعادلة السابقة نجد أن أحسن شغل في اليوم للحصان هو متى كان سيره مساويا إلى ٥ كيلوجرام في الساعة

الاحتكاك - إذا تحرك جسم ما على مستوا أفقى فالقوة المعطلة لمسيره تسمى بقوة الاحتكاك ولا يخفى أن هذه القوة تقدر دائما بكسر من ثقل الجسم وأن الاحتكاك غير متعلق بسرعة الجسم ولا بسعة سطح التماس

ومتى سارت عربة على طريق أفقى مصنوع بالمكدم وكان معامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$ فإنه إذا شد حصان ١٠٠ كجم على هذا الطريق بقوة الاحتكاك $\frac{1}{10} = 10$ كيلوجرام وبناء على معادلة واحد نجد أن

$10 = 111 - 6$ والآن إذا وضعنا بدل ٥ مقدارها المساوى ٥ كيلوجرام تكون السرعة ٥٠ كم في الساعة

مقدار قوة الاحتكاك بعربات السكك الحديدية محصور بين $\frac{1}{10}$ و $\frac{1}{20}$ من ثقل الجسم المشدود والكسور $\frac{1}{10}$ في طرق المكدم $\frac{1}{20}$ في السكك الحديدية تسمى معامل الاحتكاك القوة المؤثرة على الطرق والسكك الحديدية وبوابات القناطر - إذا كان ثقل ما يشد على مستوا أفقى بـ شكله بانتظام بواسطة ثقل آخر مرتبط بجبل مرتبط بالثقل ومارة على بكرة



لمقدار ٥ اللازم لتحرك الثقل $\frac{1}{20}$ = قوة الاحتكاك فإذا كان هذا المستوى هو سكة حديدية ما $\frac{1}{20}$ = ٥٠٠ كجم فيشد $\frac{1}{20} = 10$ كجم إذا كان معامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$

ويظهر أنه إذا تقدم الثقل $\frac{1}{20}$ أفقيا بأى مسافة فالثقل $\frac{1}{20}$ يقطع في التزول مسافة مساوية لها فعلى ذلك تكون وحدات الشغل اللازمة لتحرك الثقل $\frac{1}{20}$ = الثقل $\frac{1}{20}$ بالكيلوجرام في المسافة بالمتر التي يقطعها الثقل $\frac{1}{20}$ في التزول

أعني إذا كان ثقل $\frac{1}{20}$ = ٥٠٠ كجم ويقطع في التزول ٤ متر فوحدات الشغل $4 \times 500 = 2000$ وحدات شغل أو بمعنى أخرى = قوة الاحتكاك في المسافة $\frac{1}{20} = 10$ كجم

شغل أى ماكينة يشتمل على الشغل الذى صار اجراءه اعني أنه يشتمل على الشغل النافع أى المفيد والغير النافع أعني الشغل الظاهر والشغل العادم بسبب الاحتكاك

فعند تشغيل أى ماكينة يزداد شغلها عن المعتاد إلى أن يحصل تساوى بين شغل الماكينة وشغل المقاومة وتنظم حينئذ الحركة والقوة الزائدة تتحزن في البطارية أو في أى محل يستعمل كخزن

مثلا في السكك الحديدية - عند ما يبتدىء الوابور في السير بالعربات فيزداد شغل الوابور عن شغل المقاومة وبسبب ذلك تزداد سرعة الوابور ويأتى بالتدريج زمن فيه شغل الوابور يساوى شغل المقاومة أو

شغل الاحتكاك وتنظم حركة سير الوابور

وهنا يكون شغل الوابور يساوى شغل المقاومة بالضبط

س - ماهى القوة المضادة لوابور لوكوموتيف سائر بحركة منتظمة على سكة حديد افقية بفرض أنه يقطع ٤٠ كيلومتر في الساعة وان ثقل الوابور وعربات (اى القطار جميعه) = ١٠٠٠٠٠ كجم والاحتكاك $\frac{1}{10}$

تمرين ثمانى عشر - س - ماهى السرعة بالكيلومتر في الساعة لوابور قوة ٢٠ حصان يقل عربات ووزن الجميع ٨٠٠٠٠ كجم على سكة حديد افقية ومعامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$

ج - س = السرعة بالكيلومتر في الساعة

والشغل الذى يجز العربات على مسافة س كيلومتر = $\frac{8}{10} \times 1000 \times 1000$ في الساعة الواحدة

والشغل المحصول بالوابور في الساعة = $70 \times 70 \times 75 \times 70$

وعن هذا يكون $\frac{8}{10} \times 1000 \times 1000 = 70 \times 70 \times 75 \times 70$

ومنه س = ٨٧.٥ في الساعة

س - ماهو الزمن الذى يقطع فيه واپور لوكوموتيف قوة ٦٦ حصان يقل عربات مسافة ١٦٠ كيلومتر على سكة حديد افقية بفرض أن ثقل الوابور والعربات ٢٠٠٠٠٠ كجم وان معامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$

س - ما مقدار الشغل في الدقيقة لحصان يقل عربة على طريق بفرض أنه يقطع ٤ كيلومتر في الساعة تمرين ثالث عشر - س - اذا كان الحصان الواحد يمكنه عمل ٧٥ وحدات شغل في الثانية على طريق

افقى فيه معامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$ فما يكون ثقل البضاعة الممكن نقلها ومقدار سرعته على هذا الطريق

ج - من المعادلة (١) نجد أن قوة الشد = (١١١ - ٦٠ ر ١١) كيلوجرام

ومسافة سير الحصان في الثانية = $\frac{1000 \times 10}{60 \times 60} = ٢٨ ر ٠٢٨$ ك

وعلى ذلك تكون قوة الحصان = (١١١ - ٦٠ ر ١١) ك $\times ٢٨ ر ٠٢٨$ ك = ٧٥ أضعف

٣١ ك - ٣٢ ر ٣ ك = ٧٥ ومن هذه المساوية ينتج ان

ل = ٧٥ كيلومتر في الساعة

وقوة الحصان = ١١١ - ٦٠ ر ١١ = ٥١ ر ٥٠ ك $\times ١١ ر ٦$ = ٥٥٩ كيلوجرام

ونقل البضاعة الممكن جرها بالحصان = ٥٠ ر ٥٥٩ = ١١١٨ كيلوجرام

س - ماهى سرعة الحصان عند ما يجز ١٠٠٠ كجم على سكة افقية فيها معامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$

تمرين رابع عشر - س - ماهى القوة اللازمة لوابور يمكنه نشر ٦٦٠ متر مربع من لوح خشب بلوط

في يوم قدره ١٠ ساعات متى علم من التجربة ان وحدات الشغل اللازمة لنشر المتر المربع من البلوط الخام

هى ٤٠٠٠ وحدات شغل

ج - وحدات الشغل اللازمة لنشر ٦٦٠ متر مربع من لوح البلوط = $4000 \times 660 = ٢٦٤٠٠٠٠$ وحدات

شغل في ١٠ ساعات ومنه وحدات الشغل في الثانية = $\frac{٢٦٤٠٠٠٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ١٠}$ وقوة الوابور = $\frac{٢٦٤٠٠٠٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ١٠} \times \frac{1}{10} = ٢٠$ حصان بخارى

س - للعلوم

س - المعلوم وابدور قوة المفيد ٤٠ حصان وبالتجربة علم انه ينشر ١٤ متر مربع من خشب البلوط الخام في خمس دقائق والمطلوب معرفة مقدار وحدات الشغل اللازمة لتقطع متر مربع من البلوط تمرين خامس عشر - س - بوابة قنطرة طولها ١٠ متر وارتفاعها ٤ متر وفرق توازن المياه عليها ٤ متر وهي من حديد والدروازة من حديد ومعامل الاحتكاك $\frac{1}{8}$ (بالنسبة لاحتكاك الحديد على الحديد في الماء) فهاهي القوة اللازمة لرفع هذه البوابة بفرض أن ثقل البوابة = ١٠٠٠٠ كيلوجرام

ج - ضغط الماء = $١٠ \times ٤ \times \frac{1}{2} \times ١٠٠٠ = ٢٠٠٠٠$ كيلوجرام وهو ضغط الماء على البوابة والقوة المطلوبة = ثقل البوابة زائد قوة الاحتكاك أعني

$$١٠٠٠٠ + ٢٠٠٠٠ = ٣٠٠٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

س - اذا كانت البوابة لها درافيل ومعامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$ وباقي المعاليم كما في (التمرين خمسة عشر) فما مقدار القوة اللازمة لرفع هذه البوابة

ج - القوة المطلوبة = $١٠٠٠٠ + ٢٠٠٠ = ١٢٠٠٠$ كيلوجرام

س - اذا كانت البوابة السابق ذكرها لها درافيل اختراع استون الذي فيه معامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$ فهاهي القوة اللازمة لرفع البوابة المذكورة

ج - القوة المطلوبة = $١٠٠٠٠ + ٢٠٠٠ = ١٢٠٠٠$ كيلوجرام

س - اذا كانت البوابة السابق ذكرها لها درافيل وثقل اتران فهاهي القوة اللازمة لرفع البوابة المذكورة

ج - حيث ان ثقل الاتران متزن مع ثقل البوابة فتكون القوة المطلوبة = $\frac{١٠٠٠٠}{2} = ٥٠٠٠$ كيلوجرام

تمرين سادس عشر - س - ما هو اكبر مقدار فرق توازن المياه الامامية عن الخلفية الذي فيه البوابة الموضحة بالتمرين خمسة عشر يمكن ان تزل بثقل نفسها اذا كان معامل الاحتكاك كما في الثلاثة حالات الآتية

(١) معامل الاحتكاك $\frac{1}{7}$

(٢) معامل الاحتكاك $\frac{1}{10}$

(٣) معامل الاحتكاك $\frac{1}{8}$

ج - بفرض ان س شكله هو فرق التوازن

وبما ان ثقل البوابة = ١٠٠٠٠ كيلوجرام يكون

$$(١) \frac{١٠٠٠٠ \times ٤ \times ١٠}{٢} = ٢٠٠٠٠ \text{ ومنه}$$

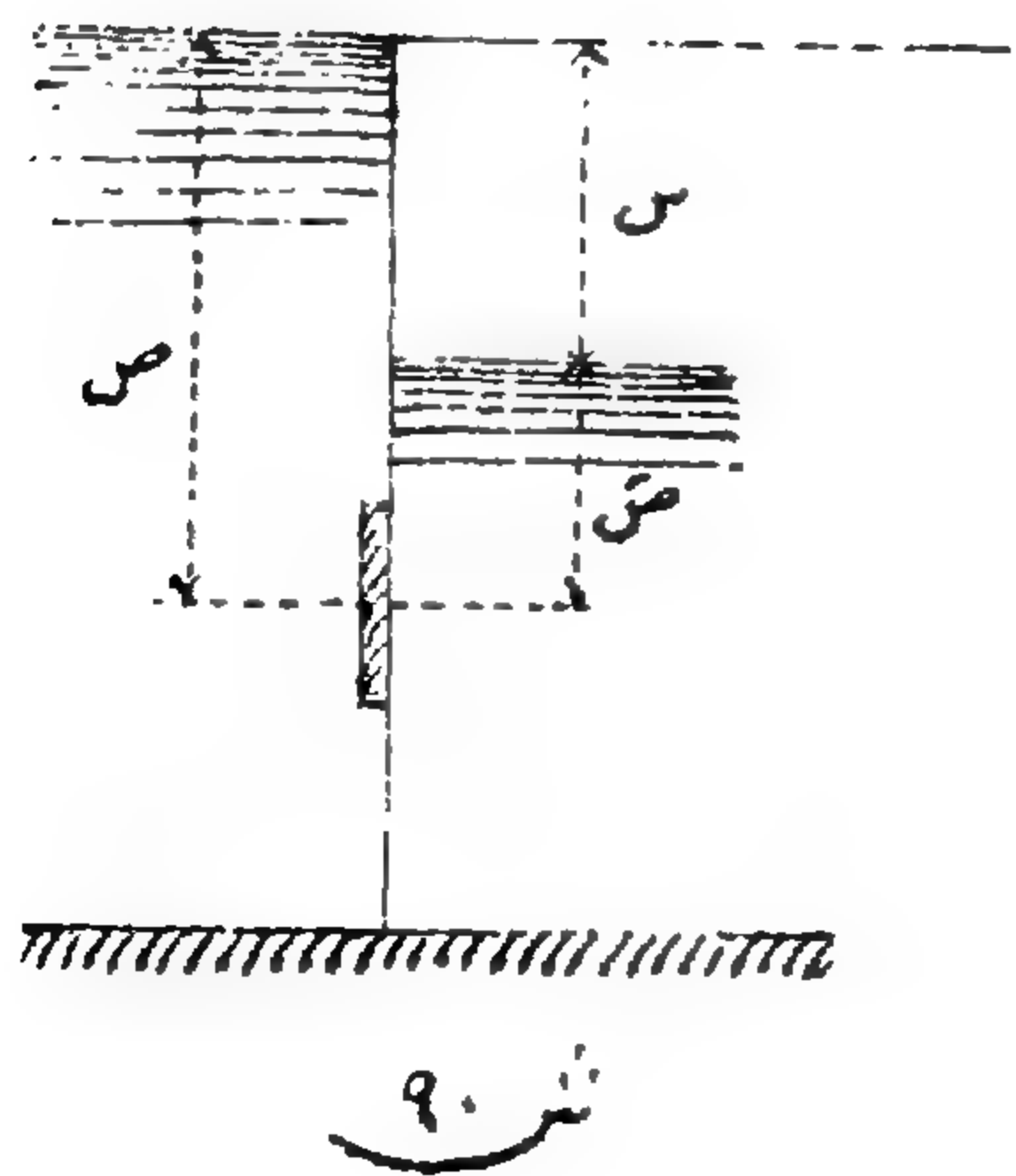
$$س = ٢٠٠٠ \text{ متر}$$

$$(٢) \frac{١٠٠٠٠ \times ٤ \times ١٠}{٢} = ٢٠٠٠٠ \text{ ومنه}$$

$$س = ٢٠٠٠ \text{ متر}$$

$$(٣) \frac{١٠٠٠٠ \times ٤ \times ١٠}{٢} = ٢٠٠٠٠ \text{ ومنه}$$

$$س = ٢٠٠٠ \text{ متر}$$



وصعود جسم على المستوى المائل ب و ح و كافي شكل ٩١ كطلوعه على

مع ملاحظة أن ثقل الأجسام الموجودة على المستويات التي ميلها ضعيف يقرب من الافق مثل ثقلها على الافق الا أن جيب تمام الزاوية الواقعة بين العمود على المستوى المائل والرأس يساوى تقريبا واحدا وقوة الاحتكاك في الميول الضعيفة كهذه تعتبر دائما مثل ما في المستوى الافقي

وعنى ذلك فجميع شغل الوابور فى الثانية = ١٤٠٠٠ + ٩٣٣٣ = ٢٣٣٣٣ وحدات شغل فى الثانية
وقوة الوابور باحصان البخارى = $\frac{٢٣٣٣٣}{٧٥}$ = ٣١١.١٠ حصان بخارى

ج - زمرہ بالحرف سے تشقلیٰ الواو اور بحریۃ بالکلیہ حرام

ومیں اللہ کے

وميل السكة المذكورة في مسافة ٨٠٣ متر = $\frac{3}{4} \times 803 = 602.25$ متر
والشغل اللازم في الثانية بالنسبة لهذا الارتفاع = 0.64×0.9
وعلى ذلك يكون الشغل جميعه في الثانية = $0.64 \times 0.9 + 0.08 = 0.676$ س
لكن شغل الوابور في الثانية = $75 \times 50 = 3750$
وعلى ذلك يكون $0.676 \times 5 = 3.38$ ومنه

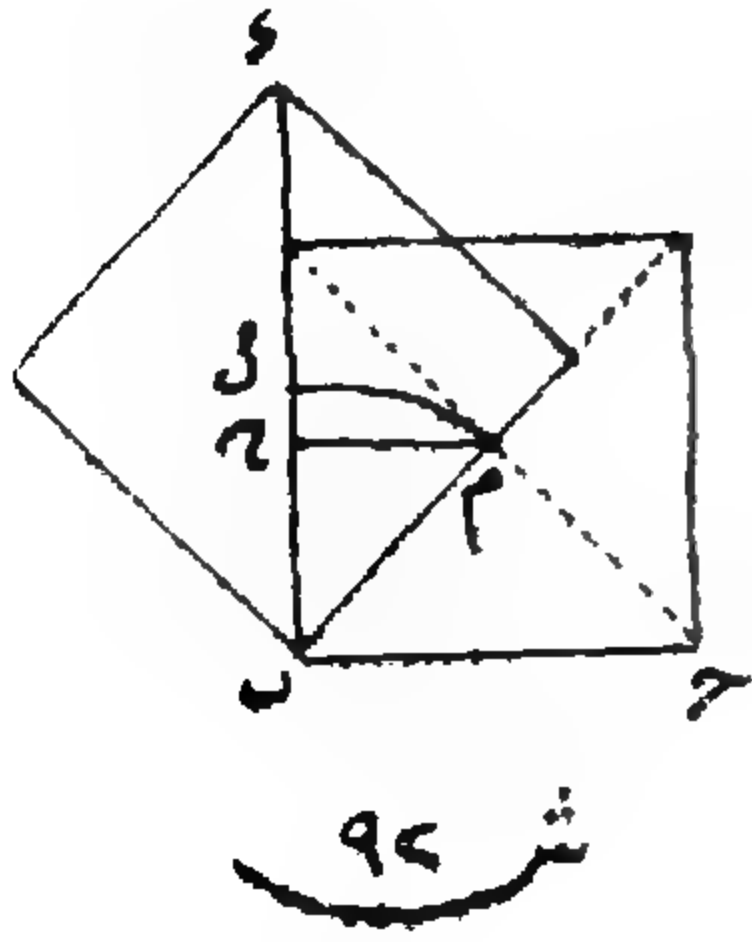
س = ٤١٦٦٦ كيلوجرام وهو ثقل الوابور بجرياته
تمرين تاسع عشر - س - وابور بجرياته يزن ١٠٠٠٠ كيلوجرام يسير نازلا على سكة جديدة في
مستوى مائل ميله في التزول $\frac{1}{4}$ بسرعة منتظمة ١٠٠ كيلومتر في الساعة ومعامل الاحتكاك = $\frac{1}{4}$
والمطلوب معرفة قوة الوابور بالحصان البخاري

ج - المسافة التي يقطعها الوابور في السير في الثانية = $\frac{100 \times 1000}{60 \times 60} = 27.78$ متر
وشغل الاحتكاك في الثانية = $27.78 \times 4 = 111.12$ وحدات شغل
وارتفاع ميل المستوى في مسافة ٢٨ متر = $\frac{48}{100} = 0.48$ وهو مقدار ما يقره الوابور في الثانية
وحينئذ فالشغل المعمول بالثقل في الثانية = $10000 \times 0.48 = 4800$ وبسبب أن الثقل يساعد الوابور
على التزول يكون الشغل المطلوب من الوابور = $4800 - 111.12 = 4688.88$ وحدات شغل

وعليه فقوة الوابور بالحصان البخاري = $\frac{4688.88}{75} = 62.52$ ا. ر. ح. حصان بخاري
س - اذا كانت قوة حصان = ٦٠ كيلوجرام فما مقدار الثقل الذي يمكن حمله على سكة خشبية
فيها معامل الاحتكاك $\frac{1}{4}$ وميلها $\frac{1}{4}$ في الصعود
س - ماهي قوة الحصان اللازمة لسند وتوقيف عربة وزنها ٨٠٠ كيلوجرام حال سيرها نزولا على
سكة ميلها $\frac{1}{4}$ ومعامل الاحتكاك فيها $\frac{1}{4}$

تعريف - الشغل اللازم لنقل أي جسم من محل الى محل آخر بقدر يحصل ضرب ثقله في البعد الكائن
بين مركزي ثقله في المحلين المذكورين

تمرين عشرين - س - مكعب من الجرانيت ضلعه = ٢٠ متر وثقل المتر المكعب من الجرانيت = ٢٦٠٠
كيلوجرام ماهو الشغل اللازم لقلبه على احد سطوحه بدورانه حول ب
ج - المسافة بين مركز ثقل المكعب المذكور م ونقطة ب شكل ٩٤



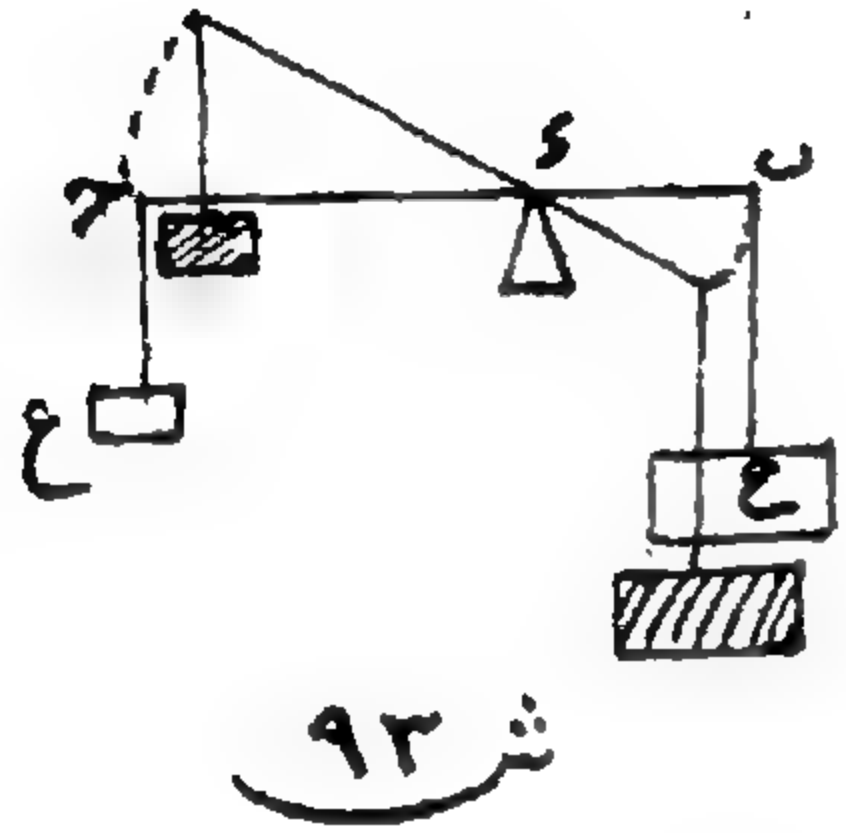
تساوى $\frac{20 \times 20 \times 20}{2} = 4000$ متر
والشغل اللازم لرفعه حتى يتقلب على السطح الآخر بنفسه هو كرفع
مركز ثقله م من ج الى ل أعني الشغل اللازم لقلب المكعب المذكور
مثل رفع ثقله لمسافة رأسية ٢٠ م

ج - ل = ٢٠ م - ب = ٢٠ م - ج = ٢٠ م - ل = ٢٠ م = ٨٠ متر = ٤١٤ متر

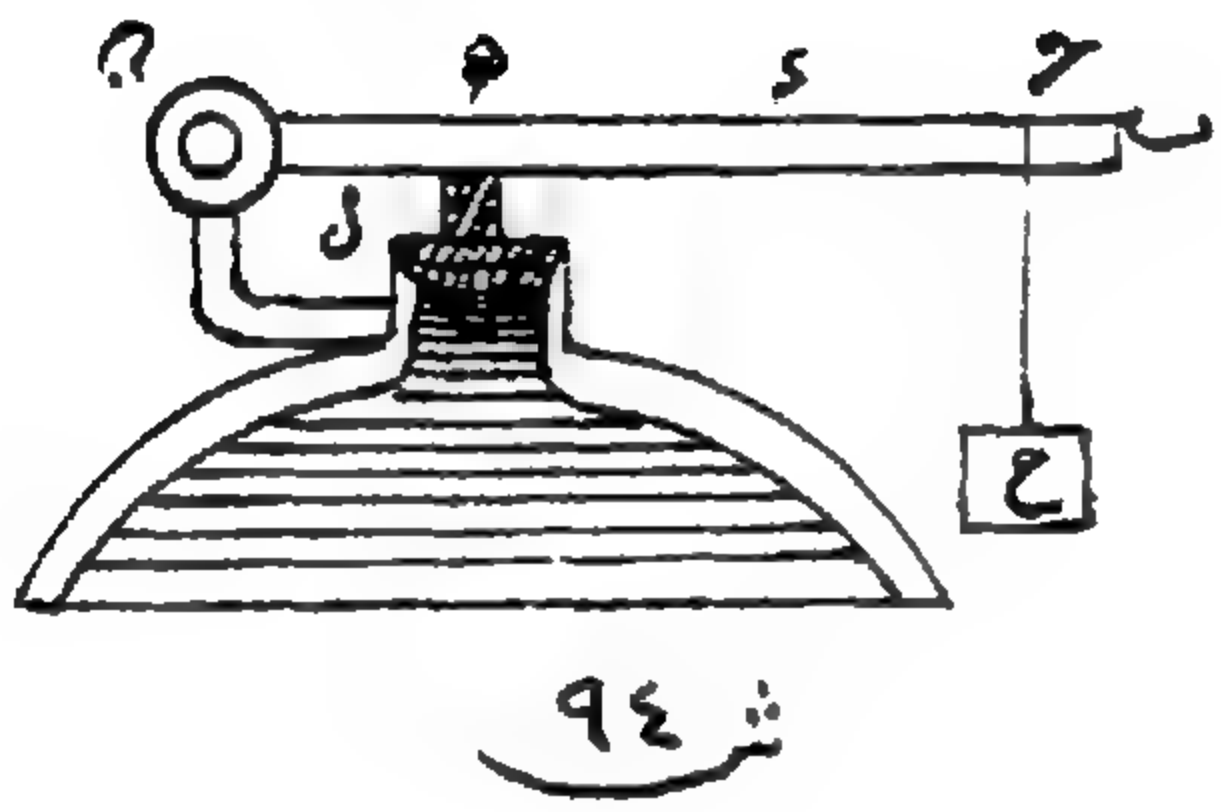
ونقل المكعب المذكور $= ٢٦٤٠ \times ٤ \times ٤ \times ٤ = ٤٠٩٦٠$ كيلوجرام
 ووحدات الشغل اللازمة لرفع المكعب مسافة ٤١٤ متر $= ٤٠٩٦٠ \times ٤١٤ = ١٦٧٧٧٤٤$ كيلوجرام متر
 والشغل اللازم لقلب أى جسم هو مقياس ثباته

الرافعة

الآلات البسيطة يمكنها توزيع الشغل بانتظام وتغيير الاتجاه ولكن لا يمكنها ان تزيد قيمة الشغل
 س - اذا كان فى الرافعة كما فى شكل ٩٣ $٥ = ١٠$ متر ما $٥ = ٢$ متر والشغل $٣ =$ كيلوجرام
 فما مقدار الشغل ح



ومعلوم أنه اذا رفع ع خمسة أمتار فان ح يزل .. را لأن
 $٥ = ٥$ امثال ٥ ففى ذلك الشغل الممول بالشغل $٥ \times ٣ =$
 والشغل الممول بالشغل $١ \times ٣ = ٥ \times ٣$ أو $١ \times ٣ = ٥ \times ٣$ ومنه
 $١٠ = ٥$ كيلوجرام وهذه هى قاعدة الشغل المبذولة فى الرافعة فى
 رافعة صام الأمن لأى مائكة



ولكن ب ٢ كما فى شكل ٩٤ رافعة نقطة ارتكازها ج ، ل
 صام الأمن والرافعة ب موضوعة على العمود هل للصام ل
 والشغل ح يتحرك أفقيا على الرافعة والمطلوب اولا معرفة
 النقطة من الرافعة التى اذا وضع فيها الشغل ح يقابل
 أعظم ضغط البخار بالأمن ثانيا معرفة مقدار الشغل ح اذا
 علم طول الرافعة

تمرين واحد وعشرين - س - طول الرافعة ب $٢ = ٨$ متر
 والمسافة $٩ = ٥$ متر ونقل الصام أو البلف مع العمود

$٣ =$ كيلوجرام ونقل الرافعة نفسها يساوى ٤ كيلوجرام وسط قطاع الصام $٤ =$ سنتيمتر مربع
 فما يكون مقدار الشغل الذى اذا وضع فى نهاية الرافعة يكون معادلا لضغط البخار الذى قوته
 ٣ كيلوجرام على السنتيمتر المربع علاوة عن ضغط البخار

ج - ضغط البخار على البلف $= ٢٤ \times ٣ = ٧٢$ كيلوجرام
 والضغط الصافى على الرافعة $= ٧٢ - ٣ = ٦٩$ كيلوجرام

وسبب ان نقل الرافعة هو فى وسطها يكون

$$(ح \times ٨) + (٢٨ \times ٤) = ٦٩ \times ٤ \text{ أو}$$

$$ح = \frac{٥٦ - ١١٢}{٨} = ٨ \text{ كيلوجرام}$$

تمرين اثنين وعشرين - س - اذا كان محبل ب كما فى شكل ٩٥ شادا للعمود ج المركز على الأرض

ف

في نقطة ج وحاملا للثقل ح المعلق في نقطة ح

والمطلوب معرفة مقدار شد الحبل حين يكون

ب = ١٧٥ متر ، ج = ٤٠٠ متر ، د = ١٤٥ متر

ح = ٥٠٠ كيلوجرام وثقل العمود ج = ١٠٠ كيلوجرام

ج - نتصور أن ج كرافعة تتحرك حول نقطة الارتكاز

ج ونفذ ج عمودا على ب ح ا م ل خطا رأسيا من

مركز ثقل العمود م وحينئذ عزم القوى الشادة للحبل

يساوي عزم الثقل ح زائد اعزم ثقل العمود وبهذا

السبب قوة شد الحبل مضروبة في ج = ح × ج + ثقل العمود × ج ل

فلو عمل هذا الرسم بالعمل بالضغط لا يمكن مقاس هذه الأبعاد بالبرجل أو يمكن إيجادها بطريقة حساب

المثلثات فنجدها أن

$$ج = ٤٠٠ \text{ متر} ، ج = ٥٠٠ \text{ متر} ، د = ١٤٥ \text{ متر} ، د = ١٤٥ \text{ متر}$$

وعلى ذلك فالشد × ٤٠٠ = ٥٠٠ × ١٠٠ + ١٠٠ × ٥٠٠ أو

$$\text{الشد} = \frac{٥٠٠}{٤٠٠} = ٣٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

تمرين ثلاثة وعشرين - من - ثقل ثلاثة اجسام يساوي على التوالي ١٠ كيلوجرام ، ١٧ كيلوجرام

٩ كيلوجرام كما في شكل ٩٦

وابعاد مراكز ثقلها عن محور افقي = ٢٨ ، ١٦ ، ٨ سنتيمتر

وابعاد مراكز ثقلها عن محور رأسي = ١١ ، ٢٤ ، ٣٨ سنتيمتر

فما يكون بعد مركز ثقل الثلاثة اجسام بالنسبة للمحورين

ج - نرسم بالمحرف م لبعد مركز ثقل الجميع عن المحور الافقي

ما م لبعد مركز ثقل الجميع عن المحور الرأسي فعلى ذلك يكون

$$(٩ + ١٧ + ١٠) م = (٢٨ × ٩) + (١٦ × ١٧) + (٨ × ١٠) ومنها$$

$$٣٦ م = ٤٦٠ سنتيمتر$$

$$(٩ + ١٧ + ١٠) م = (١١ × ٩) + (٢٤ × ١٧) + (٣٨ × ١٠) ومنها$$

$$٣٦ م = ١٦٨٠ سنتيمتر$$

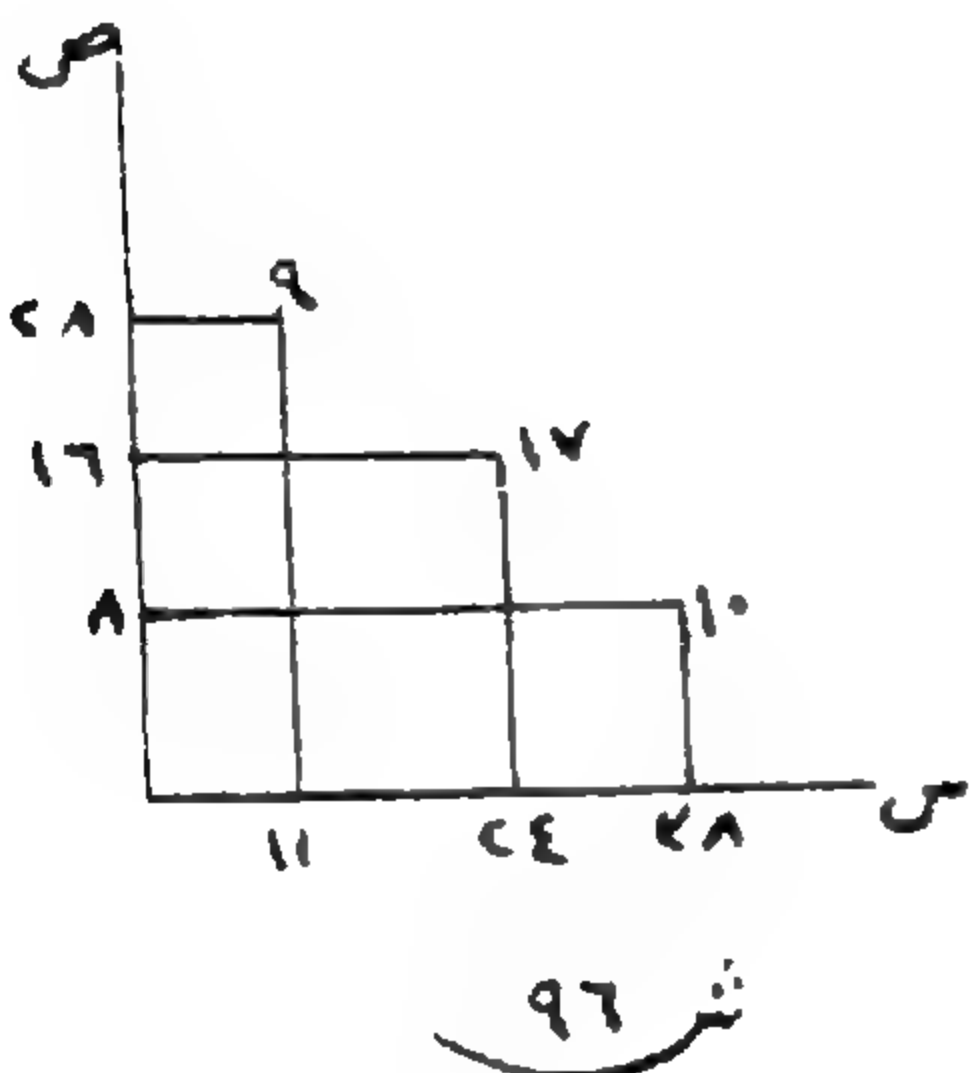
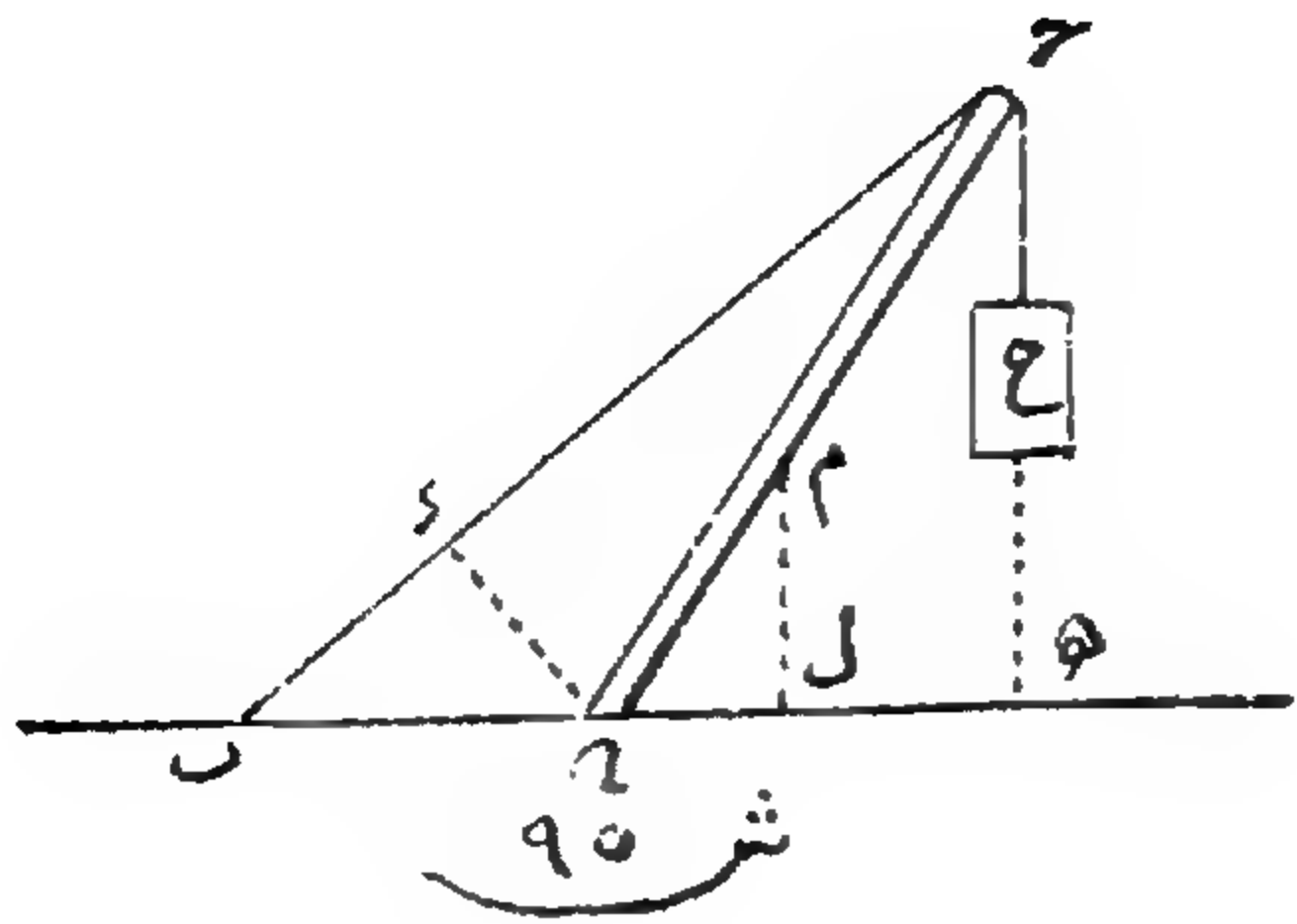
الملفاف ذي الطارة

هذه الآلة البسيطة هي من جنس الرافعة ولكن طارة كبيرة م ح و ملفاف صيد ل يدوران

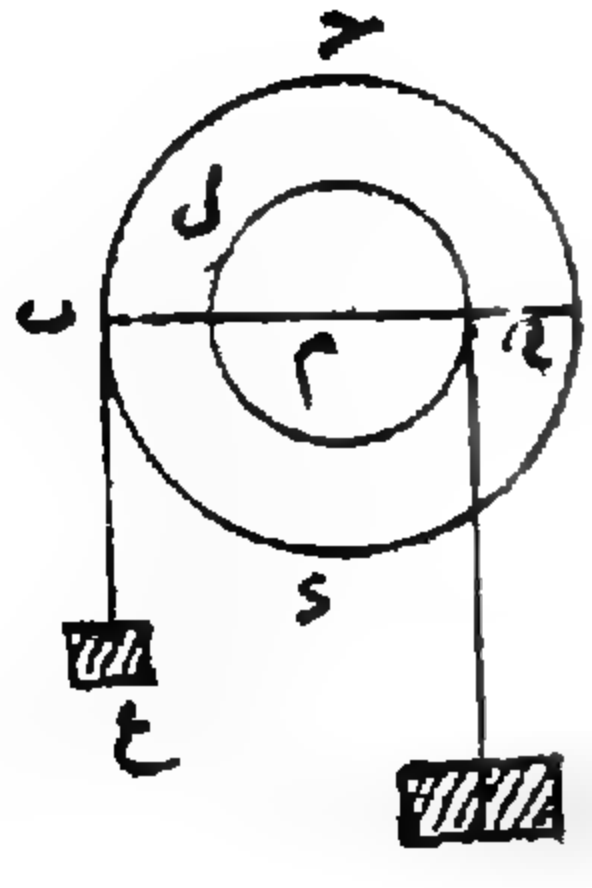
معا على محور م فاذا دارت الطارة الكبيرة بقوة ع فالملفاف ل شكل ٩٧ يرفع الحبل المربوط فيه

الثقل ح لفا وذراع رافعة ع هو م وذراع رافعة ح هو م ج ومتى كان هناك توازن

بين القوة والثقل يكون ع × م = ح × م ج



فإذا وضع لهذه الآلة يد أي منوية فإنها تسمى ارغاط وإذا كانت
جبهة طارات تدور كل منها على الأخرى تسمى ونش وعلى حسب قاعدة
الشغل إذا دارت الطارة الكبيرة مرة واحدة يدور الملفاف مرة واحدة
ومتى نزلت ع مسافة $ع \times م \times ٣١٤$ فإن ح ترتفع مسافة
 $ع \times م \times ٣١٤$



ش ٩٧

والشغل المعمول بواسطة ع = الشغل المعمول بواسطة ح وعليه يكون

$$ع \times م \times ٣١٤ = ح \times م \times ٣١٤$$

أو $ع \times م = ح \times م$ وهو عين الموضع سابقا

تمرين أربعة وعشرين - س - طول الملاوية = ٣٦ ر. متر ونصف قطر الملفاف = ٠.٦ ر. والقوة
على الطارة = ٦٠ كيلوجرام فما مقدار الشغل الممكن رفعه بصرف النظر عن الاحتكاك

$$ج - شغل ع في لفة واحدة = ٦٠ \times ٣١٤ \times ٠.٦$$

$$\text{وشغل ح في لفة واحدة} = ح \times ٣١٤ \times ٠.٦$$

$$\text{وحيث يكون } ٦٠ \times ٣١٤ \times ٠.٦ = ح \times ٣١٤ \times ٠.٦ \text{ أو}$$

$$ح = ٣٦٠ \text{ كيلوجرام}$$

تمرين خمسة وعشرين - س المطلوب إيجاد ح الموضحة في التمرين السابق متى كان قطر الحبل الذي
يمر على الملفاف ٠.٤ متر $\frac{١}{٢}$ الشغل معدوم بسبب الاحتكاك وببوسة الحبل

ج - بما أن الحبل يزود نصف قطر الملفاف بقدر استتمت فيصير ٠.٧ ر. فيكون شغل

$$ح = ح \times ٣١٤ \times ٠.٧$$

$$\text{والشغل المفيد للشغل } ع = \frac{٧}{٨} \times ٦٠ \times ٣١٤ \times ٠.٧$$

$$\text{ومن حيث أن شغل ح = شغل ع فيكون ح = ٢٧٠ كيلوجرام}$$

الطارات المسننة - لنفرض أن الترس د ل

شكل ٩٨ والطارة ح يدور معاً على المحور ج

أ ص ر ترس آخر يدور بالتروس الأول وهو يدور

مع الملفاف على المحور م والشغل ع معلق في

الطارة ح والشغل ح معلق في الملفاف فتح

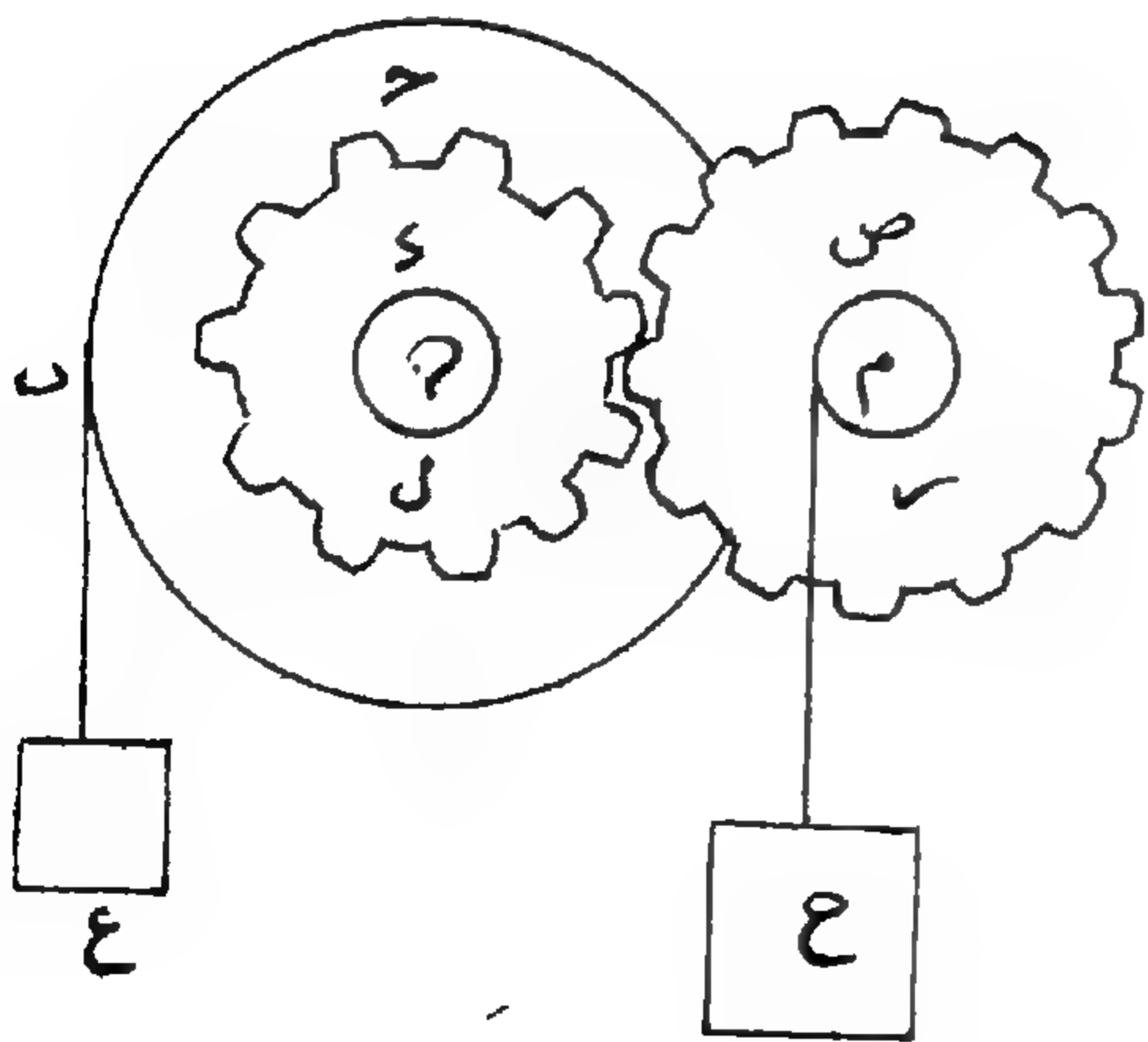
نزل الشغل ع تدور الطارة ح والترس د ل

من اليمين إلى الشمال وكل سن من الترس د ل يدور

من اليمين إلى الشمال وكل سن من الترس ص ر

يدور من الشمال إلى اليمين فعلى ذلك الحبل ل ح

الموجود



ش ٩٨

الموجود على الملفاف يلتف والثقل ح يرتفع

تمرين ستة وعشرين - س - لنفرض أن ع = ١٢٠ كيلوجرام وقطر الطارة ح = ١٠٠ متر
وعدد أسنان الترس ول = ١١ وعدد أسنان الترس صر = ١٤ وقطر الملفاف م = ١٥ متر
فما هو مقدار ح بصرف النظر عن الاحتكاك

ج - في كل دورة للطارة ح تدور الاحدى عشر سنا للترس ول وعلى ذلك اذا قسمنا عدد أسنان
الترس صر على عدد أسنان الترس ول ينتج عدد دورات الترس ول متى دار الترس صر مرة
واحدة وبفرض أن الملفاف م والترس صر يدوران معا دورة واحدة فعليه يدور الترس ول
والطارة ح بقدر $\frac{11}{14}$

والمسافة التي يطلعها ح = 314×15

والمسافة التي ينزلها ع = $314 \times 1 \times \frac{11}{14}$

والشغل المعمول بالثقل ح = ح $\times 314 \times 15$

والشغل المعمول بالثقل ع = $314 \times 15 \times \frac{11}{14} \times 120$

وبما أن شغل ح = شغل ع فعليه يكون

ح = ١٠١٨ كيلوجرام

تمرين سبعة وعشرين - اذا كان طول اليد ج ب للونش الذي في الشكل (٩٨) = ٣٨ متر وعدد

أسنان الترس ول = ١٢ وعدد أسنان الترس صر = ٦٠ وقطر الملفاف م = ٩٥ متر

وبالتجربة علم أن ١٠٠ كيلوجرام في اليد يمكنها أن ترفع ٢٥٠٠ كيلوجرام فما يكون مقدار الاحتكاك

ج - المسافة التي يطلعها ح في دورة واحدة من دوران الترس صر = 314×95

والمسافة التي ينزلها ع في دورة واحدة من دورات الترس صر = $314 \times 38 \times \frac{6}{12}$

والشغل المعمول بالثقل ح = ح $\times 314 \times 95$ = شغل ع = $314 \times 38 \times \frac{6}{12} \times 100$

ومنه ح = ٤٠٠٠ كيلوجرام

لكن الذي وجد بالتجربة هو ٢٥٠٠ فالعادم حينئذ بسبب الاحتكاك = $4000 - 2500 = 1500$

أو $\frac{1500}{4000} = \frac{3}{8}$ وهو مقدار العادم بسبب الاحتكاك

الملفاف لفرقي - يوجد ارتباط عملي لقوة الملفاف

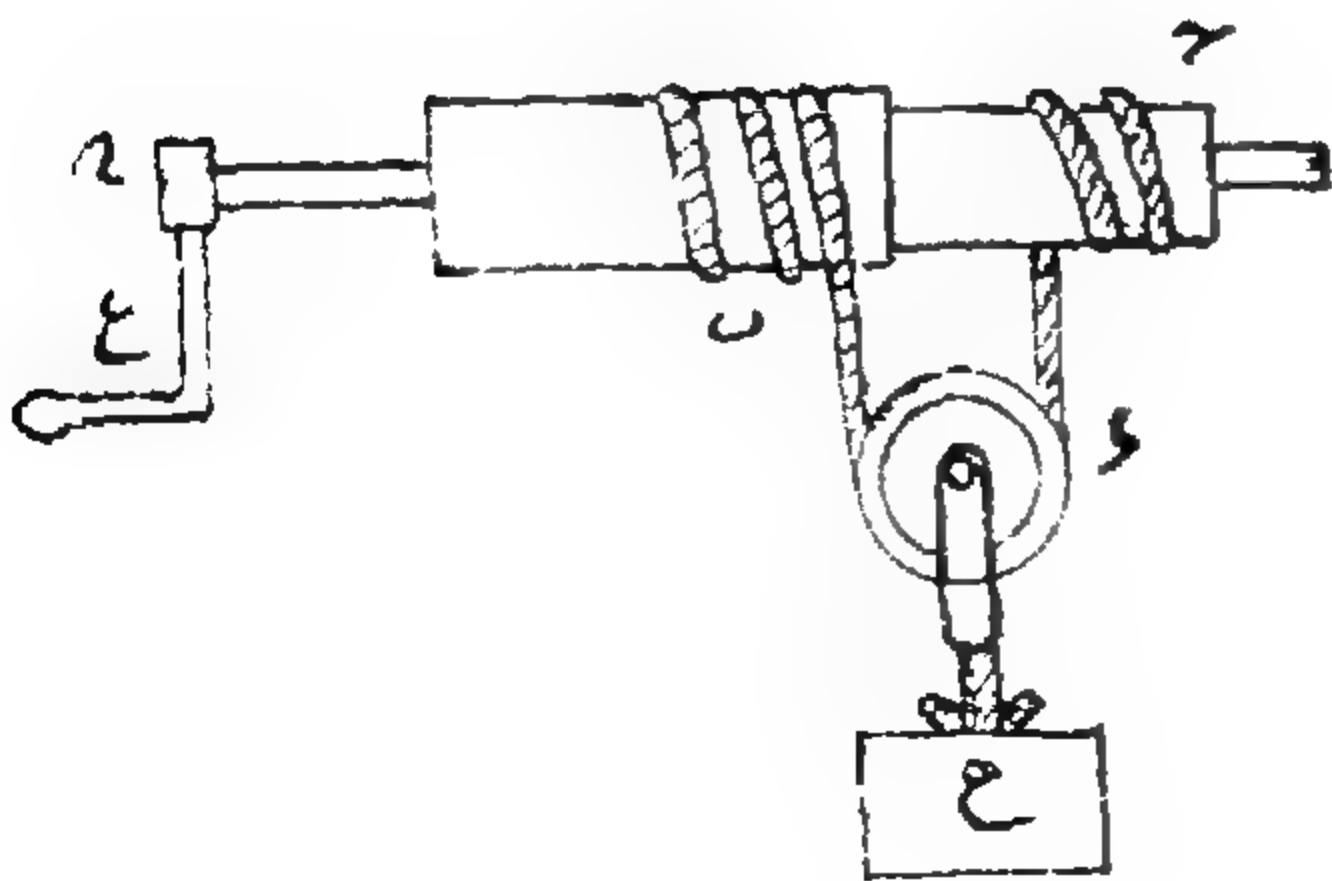
البسيط ذي الطارة لا يمكن تجاوزه بمعنى أنه يمكن

تكبير القوة بازدياد قطر الطارة أو تصغير قطر الملفاف

بدون أن يتجاوز أحد المعلوم وأما في الملفاف الفرق

فيمكن زيادة القوة بكثرة والآلة الموضحة في الشكل ٩٩

لها ملفاف واحد بقطرين مختلفين ب ح وحبل



يلف على أحدهما بكيفية ويلف على الثاني بعكس الكيفية الأولى وجزء الحبل بين الاثنين يمر على بكر ممتدة
حاملة للنقل ح والقوة ع موجودة على يد المؤيلة

ومتى دارت اليد فأحد الحبلين يلف على ب والثاني ينزل من ح وبسبب ذلك فمسافة طلوع ح هي
متعلقة بالفرق بين قطري الملفاف ولهذا السبب لا يكون لهذه الآلة حد لأنه يمكن تزويد الفرق بين
قطري الملفاف أو تنقيصه بحسب الإرادة دون احتياج لتغيير اليد

تمرين ثمانية وعشرين - س - إذا كان قطر الملفاف في ب = ٥٠ متر وفي ح = ١٠ متر وطول
اليه = ١٠٠ متر و ح = ٣٠٠ كيلوجرام فمقدار القوة ع بصرف النظر عن الاحتكاك

ج - متى دارت اليد ح مرة واحدة يرتفع الحبل في ب مسافة مساوية لمحيط الملفاف ب والحبل
في ح ينزل بقدر محيط الملفاف ح وبذلك يقصر الحبل مسافة تساوي الفرق بين المحيطين وبما أن
الحبل يلف على البكرة ح فإنها ترتفع مقداراً مساوياً لنصف الفرق بين محيطي الملفاف وحيداً وحيداً

$$\text{شغل ح في دورة واحدة لليد ح} = ٣٠٠ \times \frac{٥٠ - ١٠}{٢} = ٣٠٠ \times ٢٠ = ٦٠٠٠ \text{ كج.م}$$

$$\text{وحدات شغل ع في دورة واحدة لليد ح} = ٦٠٠٠ \times ٤ = ٢٤٠٠٠ \text{ كج.م} \quad \text{وعليه يكون}$$

$$\text{ح} = \frac{٢٤٠٠٠}{٣٠٠} = ٨٠ \text{ كج.م} \quad \text{ومنها}$$

$$\text{ع} = ٨٠ \text{ كيلوجرام}$$

العيار - تمرين تسعة وعشرين - س - إذا كان حبل ل س م ح ف
ر و ح ب ط ع شكله هو مربوط في خطاف ل ويلف على البكرتين
المحركتين ل و س وعلى البكرتين الثابتين ح و ب وقوة قدرها ٢٠٠
كيلوجرام في ع وظهر بالتجربة أن القوة المذكورة ترفع الشغل ح الذي
قدره ٥٦٥ كيلوجرام فمقدار العادم من القوة بسبب الاحتكاك
وبسبب ثقل البكرتين المحركتين

ج - متى ارتفع ح بمقدار ١٠٠ متر فكل من الأجيال ل س م
١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ينقص بمقدار ١٠ متر فبسبب ذلك ونفرض عدم
وجود احتكاك فالشغل المعمول بالشغل ح = ح × ١ ويلزم أن يكون
مساوياً للشغل ع الذي يلزم أن ينزل ١٠٠ متر أعني يساوي
ع × ح وعلى ذلك

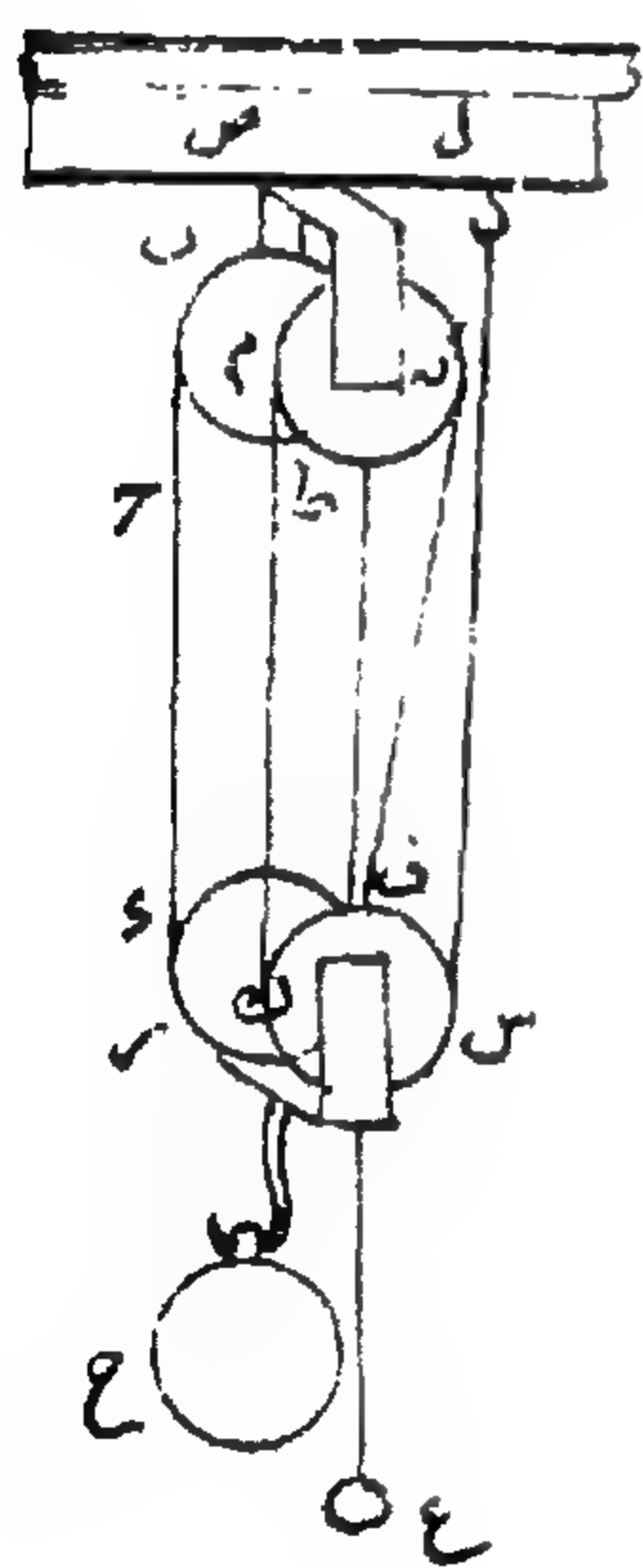
$$\text{ع} = \frac{٥٦٥}{١٠} = ٥٦.٥ \text{ كيلوجرام}$$

وكما وجدنا بالتجربة أنه يلزم ٢٠٠ كيلوجرام لعمل هذا الشغل فالقوة العادمة حينئذ تساوي

$$٢٠٠ - ٥٦.٥ = ١٤٣.٥ \text{ أو}$$

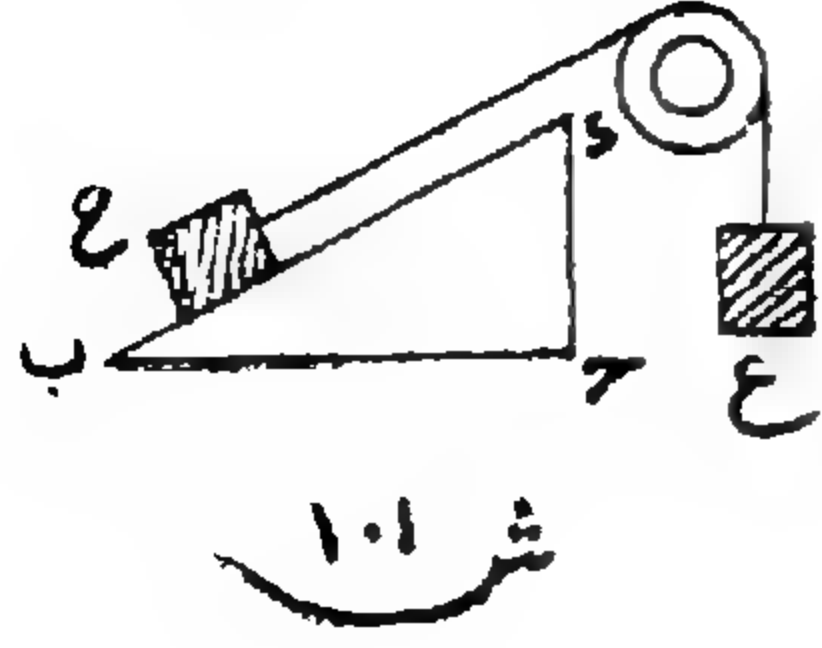
$$\frac{٣}{١١} \text{ القوة الأصلية تقريباً}$$

المستوى المنخفض



ش ١٠٠

المستوى المائل - ليكن المطلوب جرج الجسم ح على مستوى مائل ب و بالقوة ع كما في شكلنا بواسطة حبل مواز لميل المستوى بفرض عدم وجود احتكاك فوق الجسم ح من ب الى و فالقوة ح تتزل مسافة مساوية الى ب و وعلى حسب قاعدة الشغل يكون وحدات الشغل اللازمة لطول ح من ب الى و = الرأسى ح \times ح



والشغل اللازم عمله بالقوة ع في النزول = ع \times ب = ح \times ح = ح \times ح أو

$$ع = \frac{ح}{ب} \times ح$$

تمرين ثلاثين - س - طول مستوى مائل = ٢٠٠٠ متر وارتفاعه = ٤٠ متر وثقل الجسم الموضوع عليه = ٥٠٠ كيلوجرام ومعامل الاحتكاك = $\frac{1}{10}$

فما هي القوة اللازمة لجرح هذا الجسم على المستوى المائل المذكور

ج - بسبب ضعف الميل فإن الضغط العمودى للجسم على المستوى المائل يساوى ثقل الجسم نفسه

وشغل الاحتكاك الناشئ عن جرح الجسم على المستوى المائل بطول ٢٠٠٠ متر = $\frac{1}{10} \times ٥٠٠٠ = ٥٠٠$ كيلوجرام متر

والشغل اللازم لرفع الجسم الى ارتفاع ٤٠ متر = $٤٠ \times ٥٠٠ = ٢٠٠٠٠$

فاذا رمز بالحرف ع للقوة بالكيلوجرام اللازمة لجرح الجسم على مسافة ٢٠٠٠ متر فشغل ع = ع \times ٢٠٠٠ وعلى ذلك يكون

$$ع \times ٢٠٠٠ = ٢٠٠٠٠ + ٥٠٠ = ٢٠٥٠٠$$

$$ع = \frac{٢٠٥٠٠}{٢٠٠٠} = ١٠.٢٥ \text{ كيلوجرام}$$

الخابور - ليكن ب ح و كما في شكلنا خابور يتحرك على مستوى افقى ب و باع هو ضغط افقى واقع على الوجه و ح للخابور فتى ابداً الخابور فى الدخول بين الجسم ح والمستوى الأفقى

فيبقى هذا الجسم مركزاً على المستوى الأفقى لكن متى دخل

الخابور مسافة مساوية لطوله ب و ففى هذه الحالة ترتفع

نقطة ص بمقدار ارتفاع الخابور و ح ومركز ثقل الجسم

م يرتفع بمسافة رأسية تساوى ل ح

اذا كان ب و = ٤٠ متر ح و = ٥٠ متر والضغط

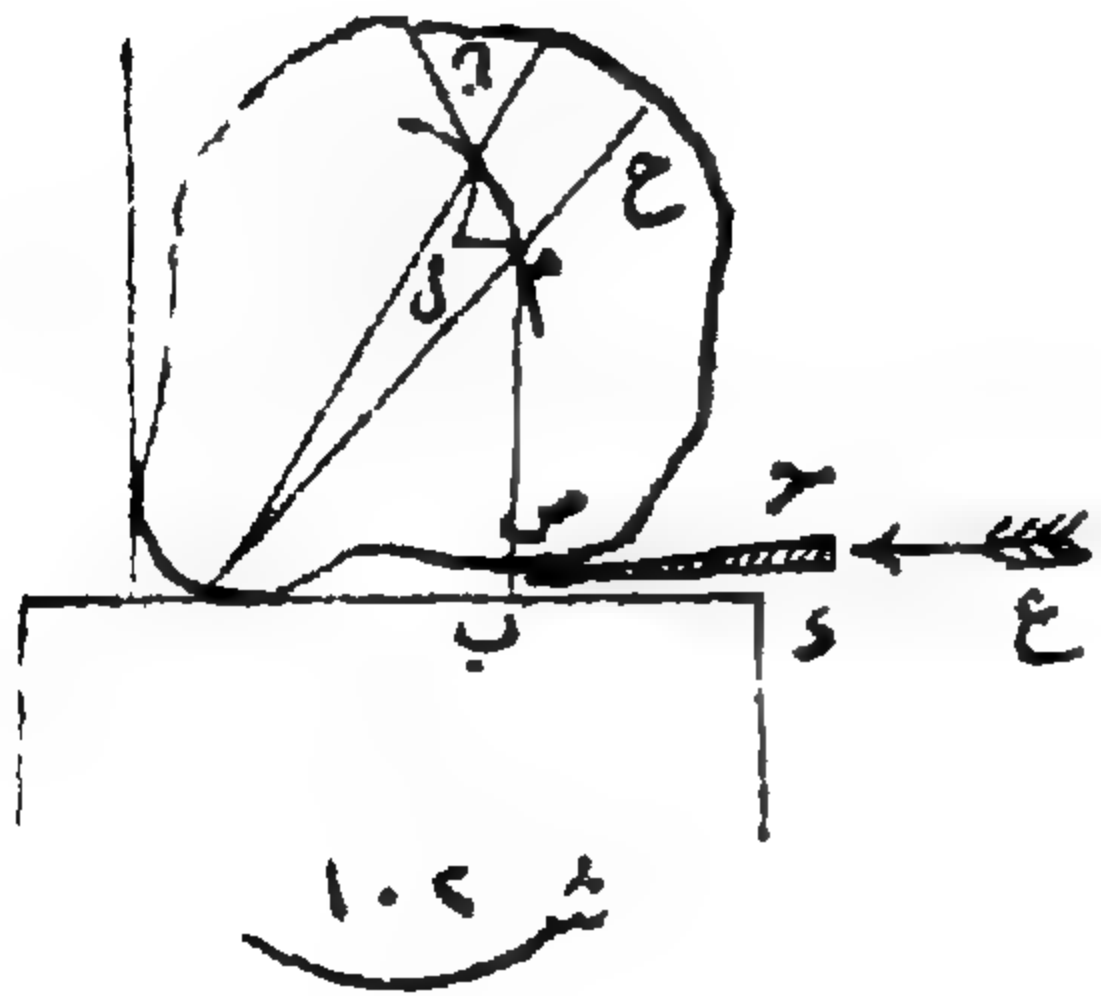
فى نقطة ص = ٦٠ كيلوجرام وصرف النظر عن الاحتكاك

فالشغل المعمول بالضغط ع = ع \times ٤٠

والشغل المعمول فى نقطة ص = ٦٠ \times ٠.٥ = ٣٠ وعليه

$$ع \times ٤٠ = ٣٠ + ٦٠ \times ٠.٥ \text{ ومنه}$$

١٤٣ فى مقاومة مواد



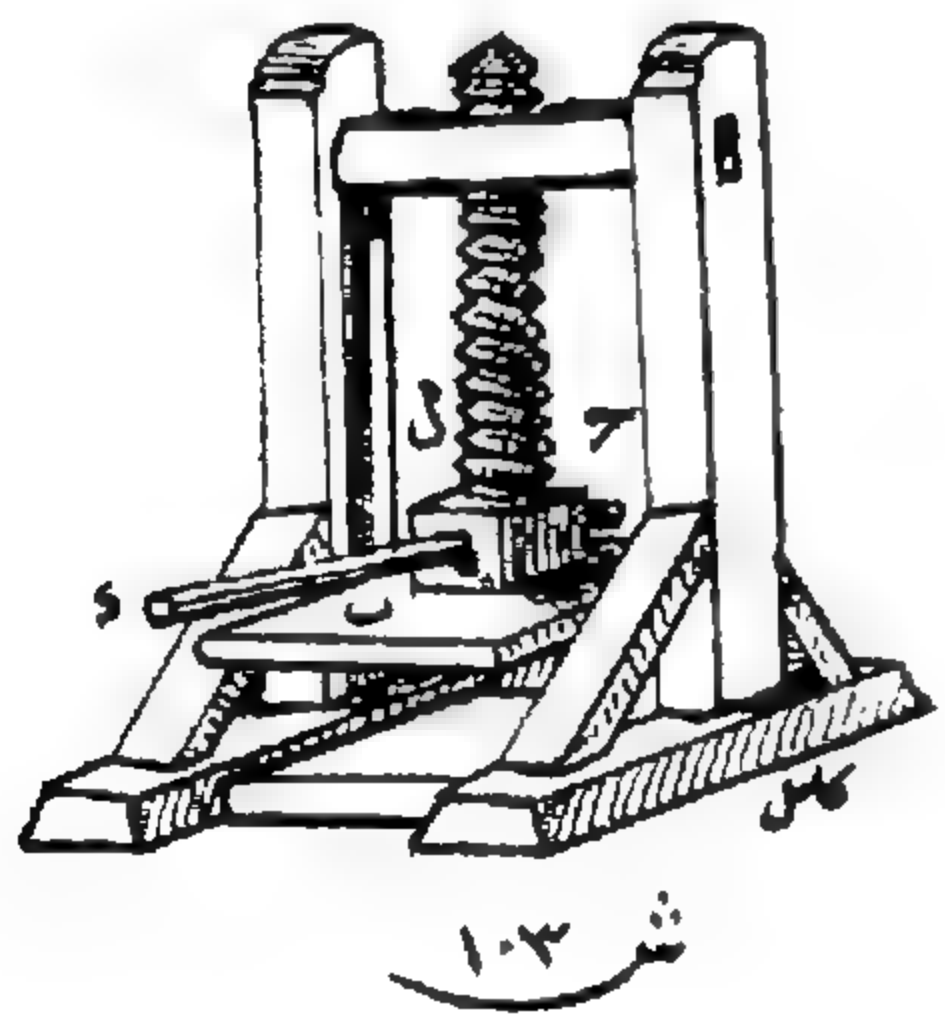
ع = ١٠ كيلوجرام ومن هذا الحساب يرى ان شغل الخابور هو متعلق بثمانية بالنسبة لطوله وأن أكبر قوة له تحصل من الدق عليه بالقوة والسرعة

تمرين واحد وثلاثين - س - اذا كان بسرعة ١٤ متر في الثانية يحصل على عشرين دقة بجاكوش كبير ووزنه = ١٥ كيلوجرام على الوجه د ه للخابور ومقدار دخوله تحت لجسم يساوي ٠.٨ في الاتجاه د ه ح = ٥٠٠٠٠ كيلوجرام ويرتفع مركز ثقله من م الى ج على مسافة رأسية ل ج المساوية الى اسنتيمتر متى ارتفعت ص بمقدار ٢ سنتيمتر

فاهو جزء القوة ع المفقود بسبب الاحتكاك اذا كان د ه = ٨ مرات د ه ج - عندما يدخل الخابور ٠.٨ متر فقط ص ترتفع ١ سنتيمتر ومركز الثقل يرتفع ١ سنتيمتر وسنرى في تمرين خمسين - ان جاكوش ووزنه ١٥ كيلوجرام يعمل عشرين دقة بسرعة ١٤ متر في الثانية وحدت شغله ٢١٩٠ وهو مقدار شغل ع وهذا الشغل يرفع مركز ثقل الجسم بمقدار ١ سنتيمتر وحدت الشغل المعمولة على الجسم لرفع مركز ثقله ١ سنتيمتر = ح \times ٢٠٠٥ = شغل ع = ٢١٩٠ ومنه ح = ٤٢٨٠٠٠ كيلوجرام

فحينئذ يكون العادم ٤٢٨٠٠٠ - ٣٠٠٠٠٠ = ١٢٨٠٠٠ أعني ثلاثين في المائة وهو مقدار العادم بالاحتكاك

البرمية - في هذه الآلة القوة المؤثرة هي على دائرة نصف قطرها اليد د ه شكل ١٠٤ وسير الشغل الناتج منها يكون على خط مستقيم



تمرين اثنين وثلاثين - اذا كان طول اليد د ه لبرمية بسيطة = ٥٠ سم والخطوة ل للبرمية = ٠.١ متر وكانت القوة ع المؤثرة على اليد = ١٠٠ كيلوجرام فما يكون مقدار الضغط ح للوحة البرمية ب ج - المسافة التي تقطعها ع في لفة واحدة = ٢ \times ٥٠ \times ٣.١٤ والمسافة التي تقطعها ح = ٠.١ متر

وشغل ع في لفة واحدة = ١٠٠ \times ٢ \times ٥٠ \times ٣.١٤ = ٣١٤١٦

وشغل ح في لفة واحدة = ح \times ٠.١

وبما ان شغل ح = شغل ع فيكون

$$ح \times ٠.١ = ٣١٤١٦ \times ١٠٠$$

$$ح = ٩٤٤٦٨ \text{ كيلوجرام}$$

ويظهر من ذلك انه يمكن تزويد قوة البرمية اما بطويل اليد أو بتقصير الخطوة

س - طول يد برمية بسيطة = ٥٠ متر والقوة المؤثرة عليها = ٤٠ كيلوجرام والضغط على لوحة البرمية = ٢٠٠ كيلوجرام فامقدار الخطوة

البرمية

البرمية المركبة - هذه الآلة تشتمل على برميتين أحدهما داخل الأخرى متى نزلت البرمية الكبيرة فالبرمية الصغيرة التي داخلها ترتفع وبسبب ذلك فالدورة الواحدة لليد تنزل لوحة البرمية بمقدار الفرق بين خطوتي البرميتين

تمرين ثلاثة وثلاثين - س - إذا كان طول يد برمية مركبة = ١٠٠ دامت والقوة المؤثرة على اليد المذكورة ٦٠ كيلوجرام وخطوة البرمية الكبيرة ٠.١٥ متر وخطوة الصغيرة ٠.١ متر فما هو الضغط على اللوحة

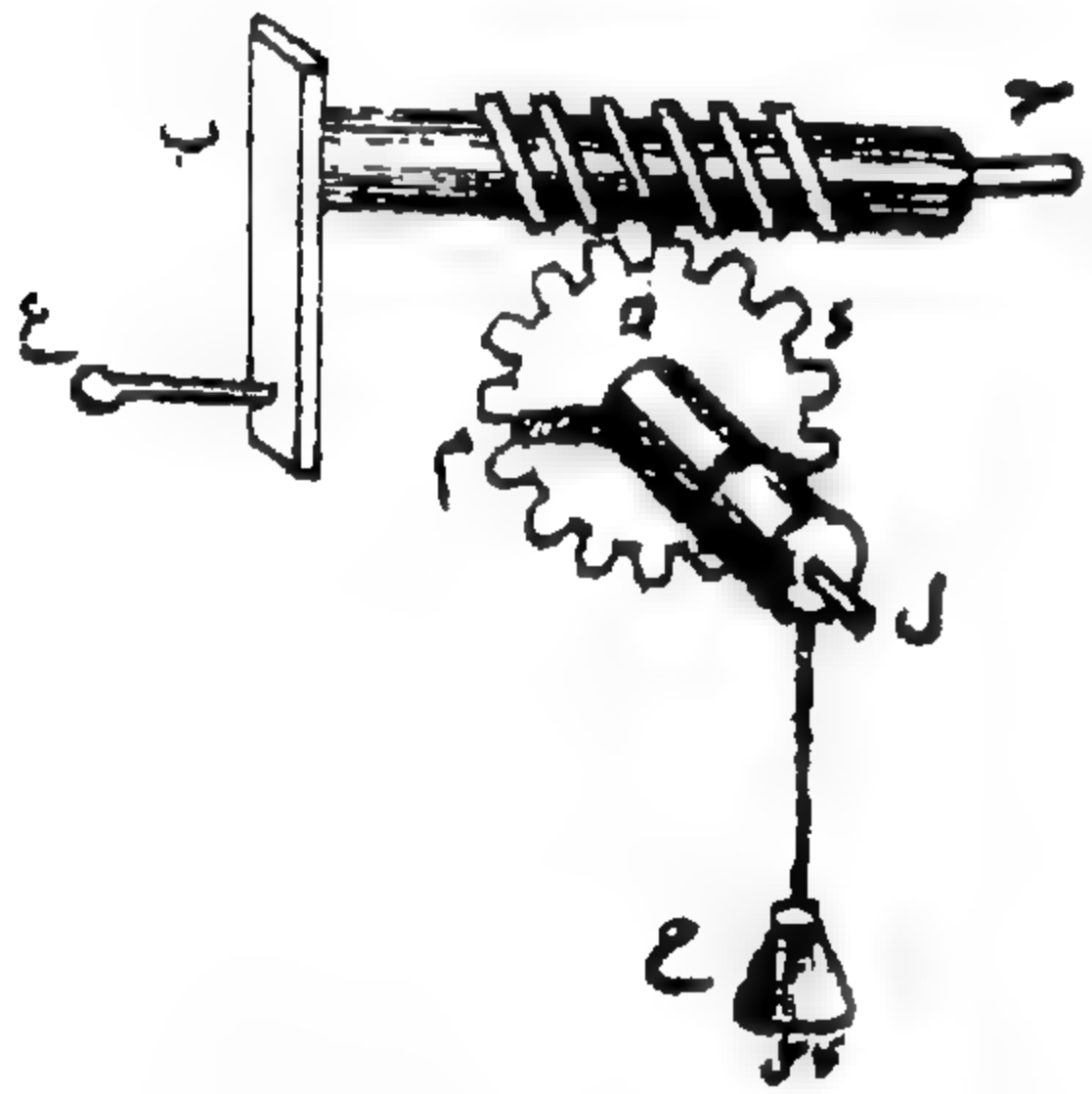
ج - في دورة واحدة لليد البرمية الكبيرة تنزل ٠.١٥ متر والصغيرة ترتفع ٠.١ متر فهذا السبب تنزل البرمية على اللوحة بمقدار ٠.١٥ - ٠.١ = ٠.٠٥ ويكون الشغل المعمول في لفة واحدة = ح $\times ٠.٠٥$ وشغل القوة المؤثرة على اليد في لفة واحدة = $٦٠ \times ١ \times ٣١٤ = ٤٧٧$

وعليه فيكون ح $\times ٠.٠٥ = ٤٧٧$ ومنه

$$ح = ٧٥٤٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

البرمية الغير المنتهية

في هذه الآلة كما في شكل ١٠ خطوط البرمية هي على أسطوانة وتنقل الحركة الى ترس وم مثبت فيه ملفاف ل ٥ ملفوف عليه حبل مربوط فيه الشغل ح وهذه



الآلة تعطى حركة بطيئة للشغل ح

تمرين اربعة وثلاثين - س - طول يد ساع لبرمية غير منتهية = ١٠٠ دامت

والقوة المؤثرة عليها ع = ٤٦ كيلوجرام وعدد اسنان الترس

م = ٤٤ ونصف قطر الملفاف ل ٥ = ٤٥ دامت فما مقدار

الشغل ح الممكن رفعه بصرف النظر عن الاحتكاك

ج - الدورة الواحدة من اليد تدور خطوة في البرمية وسن واحد من الترس وم فعلى ذلك اذا دارت اليد ٤٤ مرة فالترس والملفاف يدوران مرة واحدة لأن عدد اسنان الترس ٤٤ والشغل

المعمول في دورة من الملفاف = ح $\times ٤٤ \times ٠.٢٥ \times ٣١٤$

لأن ح يرتفع بقدر $٤ \times ٠.٢٥ \times ٣١٤$

وشغل القوة المؤثرة على اليد في دورة واحدة للترس = $٤٦ \times ٤ \times ٣١٤ \times ٠.٢٥$ وعلى ذلك يكون

$$ح \times ٤ \times ٠.٢٥ \times ٣١٤ = ٤٦ \times ٤ \times ٣١٤ \times ٠.٢٥ \text{ ومنه}$$

$$ح = ٣٤٥٦ \text{ كيلوجرام}$$

سقوط الأجسام

المسافة التي يقطعها أي جسم سائر بحركة منتظمة تساوي الزمن مضروباً في السرعة أعني إذا كان سير جسم في الثانية ٣٠٠ متر فالمسافة التي يقطعها في خمس ثواني من الزمن

$$١٥ = ٤ \times ٥ =$$

إذا ابتدأ جسم في المسير بسرعة قدرها ١٠٠ م/ث في الثانية الواحدة وكانت سرعته تتزايد بالتدريج
الحين تصل في آخر الخمس ثواني إلى ١٠٠ م/ث في الثانية
فالمسافة التي يقطعها الجسم في خمسة ثواني هي

$$١٥ = ٣ \times ٥ = \frac{٤+٤}{٢} \times ٥$$

إذا سقط جسم بدون مانع من ارتفاع قريب من سطح الأرض فمقدار قوة الجذب هو ثابت وهو يزيد
سرعة الجسم في كل ثانية بكمية ثابتة علمت بالتجربة

مثلاً السرعة في انتهاء الثانية الأولى من السقوط هي ١×٩٨

والسرعة في انتهاء الثانية الثانية من السقوط هي ٢×٩٨

والسرعة في انتهاء الثانية الثالثة من السقوط هي ٣×٩٨

فإذا رمزنا بالحرف س للسرعة كما نر للزمن مقدراً بالثواني (ح) لهجلة التثاقل يكون

$$س = نر \times ح \quad (٤)$$

والمسافة التي يقطعها الجسم في ثانية واحدة بسبب أن يبتدىء بصفر وينتهي في آخر الثانية إلى

$$٩٨ \text{ هي } ١ \times \frac{٩٨}{٢}$$

والمسافة التي يقطعها الجسم في أربعة ثواني = ٩٨×٤

وبسبب أن الجسم يبتدىء بصفر وينتهي بعد أربعة ثواني إلى ٩٨×٤

فالسرعة المتوسطة في أربعة ثواني = ٤×٩٨

$$\text{لكن المسافة} = ٩٨ \times ٤ = \frac{٩٨}{٢} \times ٤ \times ٤ = \frac{٩٨}{٢} \times ٤ \quad \text{أو}$$

$$ح = \frac{س}{نر} \dots (٣)$$

بفرض ح رمز للمسافة بالمتراً

تمرين خمسة وثلاثين - س - ما هي سرعة الجسم الذي يسقط في مدة خمسة ثواني في انتهاء الثانية
الخامسة

$$\text{ج - س} = ٩٨ \times ٥ = ٤٩٠ \text{ م/ث في الثانية الأخيرة}$$

تمرين ستة وثلاثين - س - ما مقدار الثواني التي يحصل فيها جسم ساقط على سرعة قدرها
٥٨٧٤ م/ث في الثانية

$$\text{ج - } ٥٨٧٤ = نر \times ٩٨ \quad \text{أو} \quad نر = \frac{٥٨٧٤}{٩٨} \text{ وهو المطلوب}$$

تمرين سبعة وثلاثين - س - ما هي المسافة التي يقطعها الجسم في السقوط في زمن قدره ٥

ج - بفرض ح = المسافة يكون

$$ح = \frac{س}{نر} = \frac{٩٨}{٢} \times ٥ = ٢٤٥ \text{ م/ث وهو المطلوب}$$

تمرين ثمانية وثلاثين - س - إذا سقط جسم بقوة تكسبه سرعة ٣٠ م/ث في الثانية فما هي

المسافة

المسافة التي يقطعها الجسم المذكور في زمن قدره $\frac{1}{6}$ بتأثير التثاقل
ج - من المعلوم ان الجسم يحفظ سرعته الأصلية بدون تأثير التثاقل وحينئذ فالمسافة التي يقطعها
الجسم بقوة السقوط هي

$$18 = 3 \times 6$$

والمسافة التي يقطعها الجسم بتأثير التثاقل في الزمن المذكور = $\frac{9}{16} \times \frac{1}{6} = 1760$ متر
ومجموع المسافتين = $18 + 1760 = 1778$ متر وهي المسافة التي يقطعها الجسم
في الزمن المذكور بقوة السقوط والتثاقل

س - ماهو الزمن الذي يستغرقه الجسم في السقوط من مسافة قدرها ٦٦ متر
تمرين تسعة وثلاثين - س - اذا كانت سرعة جسم ٣٠ متر في الثانية فأتكون المسافة التي
يقطعها الجسم في السقوط للحصول على هذه السرعة

$$\text{ج - س} = \text{ح} \times \text{ز} \quad \text{أو} \quad 30 = 9.8 \times \text{ز} \quad \text{أو} \quad \text{ز} = \frac{30}{9.8}$$

والمسافة هـ = $\frac{1}{2} \times \text{ز}^2 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{30}{9.8}\right)^2 = 4.6$ متر
شغل التثاقل - يمكن جعل سرعة الجسم في الثانية ٩.٨ متى كان ثقله = ١ كيلوجرام ورفع
بقدر $\frac{9.8}{2}$ أو سقط من ارتفاع ٤.٨٩

وحدات الشغل المعمول بالجسم المذكور تكون $4.9 \times 1 = 4.9$ وحدات شغل
ملحوظ - مقدار ح الموضح هنا وهو ٩.٨ هو مقدار العجلة في المحروسة
ولحساب وحدات شغل أى جسم متحرك يجب ان المسافة المسقط منها الجسم المذكور بتأثير التثاقل المثلثة
وتضرب في ثقل الجسم بالكيلوجرام

تمرين أربعين - س - وزن منداله ٦٠٠ كيلوجرام وسرعتها في لحظة الدق على الخازوق ٩.٨
متر في الثانية فما هي وحدات شغل المندالة

ج - حسب ما تقدم تكون المندالة ساقطة من ارتفاع ٤.٩ متر للحصول على هذه السرعة وعلى
ذلك فوحدات شغل المندالة هي $600 \times 4.9 = 2940$ وحدات شغل

تمرين واحد وأربعين - س - ماهي وحدات الشغل بجسم ثقله ٥٠ كيلوجرام وسرعته في نهاية
زمن السقوط = ٦٠ متر

$$\text{ج - س} = \text{ح} \times \text{ز} \quad \text{ومنها} \quad \text{ز} = \frac{\text{س}}{\text{ح}}$$

$$\text{والمسافة هـ} = \frac{1}{2} \times \text{ز}^2 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{\text{س}}{\text{ح}}\right)^2 \quad \text{أو} \quad \text{هـ} = \frac{\text{س}^2}{2 \times \text{ح}} = \frac{60 \times 60}{2 \times 9.8} = 184 \text{ متر}$$

$$\text{وحينئذ فوحدات الشغل} = 50 \times 184 = 9200$$

وينج من التمدين المذكور أن

$$\text{هـ} = \frac{\text{س}^2}{2 \times \text{ح}} \quad (٤)$$

فاذا رمى بالحرف ؟ لوحدات الشغل ، ح ثقل الجسم بالكيلوجرام يكون

$$ج = ح هـ = ح \times \frac{٤}{٩٧٩} \times ١٠ \dots (٥١)$$

تمرين اثنين واربعين - س - اذا رميت كوره ووزنها ١٠ كيلوجرام بسرعة ٢٠ متر في الثانية على ارض افقيه فاهي المسافة التي تقطعها الكورة الى ان تقف بنفسها اذا كان معامل الاحتكاك $\frac{١}{١٠}$

$$ج - وحدات شغل الكوره = ١٠ \times \frac{٤ \times ٢٠}{٩٧٩} = ٢٠٤٣٠$$

واذا رمى بحرف ص للمسافة التي تقطعها الكورة الى ان تقف بنفسها فوحدات شغل الكورة على الارض الافقيه = $\frac{١}{١٠} \times ص$

$$\text{وعلى ذلك يكون } \frac{١}{١٠} \times ص = ٢٠٤٣٠ \text{ ومنها}$$

$$ص = ٢٠٤٣٠ \text{ متر}$$

تمرين ثلاثة واربعين - س - ثقل وابور بمرتاته ٢٠٠٠٠ كيلوجرام وسرعة ٥٠ كيلومتر في الساعة فاتكون المسافة التي يقطعها الوابور بعد هجر قوة البخار عنه حتى يقف من نفسه اذا كانت السكة الحديد افقيه ومعامل الاحتكاك فيها $\frac{١}{١٠}$

$$ج - السرعة ٥٠ كيلومتر في الساعة ففي الثانية الواحدة تكون $\frac{٥٠}{٣٦٠٠} = ١٤٩٠ \text{ متر في الثانية}$$$

$$\text{وحدات شغل الوابور} = ٢٠٠٠٠ \times \frac{١٤٩٠ \times ١٤٩٠}{٩٧٩} = ١٩٧٤٠٠٠ \text{ وحدات شغل}$$

$$\text{وحدات شغل الاحتكاك لحد وقوف الوابور بفرض ص} = \text{المسافة بالمتر هو } \frac{١}{١٠} \times ص = ٥٠٠ \text{ ص}$$

$$\text{وعليه } ٥٠٠ \text{ ص} = ١٩٧٤٠٠٠ \text{ ومنه}$$

$$ص = ٣٩٤٨ \text{ متر وهي المسافة المطلوبة}$$

س - وابور بمرتاته ٦٠٠٠ كيلوجرام يسير بسرعة ٦٤ كيلومتر في الساعة فاهي المسافة التي يقطعها الوابور صعودا على مستو ميله $\frac{١}{١٠}$ بعد منع قوة البخار عنه الى ان يقف بنفسه اذا كان معامل الاحتكاك $\frac{١}{١٠}$

س - عربته ووزنها ١٠٠٠ كيلوجرام تسير على سكة حديدية افقيه بسرعة ٧٠ د في الثانية الواحدة فاهي المسافة التي تقطعها العربته الى ان تكون سرعتها ٢٠ د في الثانية اذا كان معامل الاحتكاك $\frac{١}{١٠}$

تمرين اربعة واربعين - س - جسمين وزن احدهما ٧ كيلوجرام ووزن الثاني ٤ كيلوجرام مربوطين في طرفي جبل مار على بكرة مثبتة في نقطة فاتكون المسافة التي يقطعها الجسم الاول لحصول على سرعة ٢٠ د في الثانية بصرف التطلع عن الاحتكاك

ج - بسبب ان سرعة صعود الجسم الذي وزنه ٤ كيلوجرام هي كسر سرعة نزول الجسم الذي وزنه ٧ كيلوجرام في الزمن الذي فيه سرعة ٢٠ د في الثانية

$$\text{فوحدات شغل الجسم الاكبر} = \frac{٧ \times ٧}{٩٧٩} = ٥٧٠ \text{ د وحدات شغل}$$

$$\text{وحدات شغل الجسم الاصغر} = \frac{٤ \times ٤}{٩٧٩} = ٢٠٤ \text{ د وحدات شغل}$$

ومجموع الشغل في الجسمين = ٠.٦١ وحدات شغل
 فإذا افترض أن $ص =$ المسافة المقطوعة بكل من الجسمين للحصول على سرعة ٠.٠١ متر في الثانية يكون

شغل التناقل بالنسبة للجسم الأكبر = $٧ ص$

وشغل التناقل بالنسبة للجسم الأصغر = $٤ ص$

ومن حيث أن أصغر الجسمين صاعد والآخر نازل فيكون شغل التناقل = $٧ ص - ٤ ص = ٣ ص$

أو $٣ ص = ٠.٦١$ ومنه $ص = ٠.١٩$ وهو المطلوب

تمرين خمسة وأربعين - س - جسمين ح، ح' ثقل أحدهما ح = ٠.٥٠ كيلوجرام شكل ١٠٥

وثقل الثاني ٠.٤٠ كيلوجرام مربوطين بحبل حرير رفيع جدا مارا على بكرية ب من

ظهر مثبتة في نقطة فاهو الزمن الذي فيه ح ينزل مسافة ٠.٠٦ متر

وما مقدار سرعته في آخر الزمن المذكور إذا كان المحور ع للبكرة من نحاس

ومحيطه = ٤ سنتيمتر ومحيط البكرة = ٤٠ سنتيمتر

ج - متى قطع ح مسافة ٠.٠٦ متر فكل نقطة من محيط المحور تقطع $٠.٠٦ \times \frac{٤٠}{٤}$

= ٠.٤٠ بفرض أن معامل احتكاك النحاس على الظهر الثقيل المدهون بالزيت

= ٠.٤٥ وثقل الجسمين = $٠.٥ + ٠.٤ = ٠.٩$ كيلوجرام

فوحدة الشغل المفقوده بسبب الاحتكاك = $٠.٩ \times ٠.٤٥ \times ٠.٤٠ = ٠.١٦٤$

وشغل التناقل = $(٠.٥ - ٠.٤) \times ٠.٦ = ٠.٠٦$

فإذا طرح منه الشغل المفقود بسبب الاحتكاك الذي مقداره ٠.١٦٤

فالباقى هو الشغل المفيد وهو ٠.٥٨٤٨

وبفرض أن $س =$ سرعة الجسم ح

فوحدة شغل الجسمين = $(٠.٥ + ٠.٤) \times س$ أو $\frac{س}{٩٣٧٩ \times ٤}$

ومنه $\frac{س}{٩٣٧٩ \times ٤} = \frac{٠.٩ \times ٠.٤٠}{٠.٥٨٤٨}$

$س = \frac{٠.٩ \times ٠.٤٠ \times ٠.٥٨٤٨}{٩٣٧٩ \times ٤} = ١٢٧٠$

أو $س = ١٢٧٠$ متر في الثانية أعني أن السرعة في آخر الزمن = ٣٦٠ متر لكن من حيث أن

السرعة ابتدأت من صفر وانتهت إلى ٣٦٠ متر فيكون متوسط السرعة $\frac{٣٦٠}{٢} = ١٨٠$ متر

وبما أن $س = ١٢٧٠$ أعني أن المسافة تساوى السرعة في الزمن وعليه يكون

$ز = \frac{١٨٠}{١٢٧٠} = ٠.١٤٢$

تمرين ستة وأربعين - س - إذا كان $ط = ط = ط = ٤$ سنتيمتر شكل ١٠٦ اللذان هما

ذراعان معشقتان في الركبة ط الواقع عليها منقط ٠.٠٤ كيلوجرام في الاتجاه ط ح المساوى

استقيمة حتى يصيرا على خط مستقيم رأسه، بفرض أن الطرف $ء$ ثابت فاهو الثقل الممكن

رفعه بالطرف ب

$$\text{ج - } \text{ب} = \sqrt{1 - 0.7} = \sqrt{0.3} = 0.5477 \text{ متر}$$

$$\text{ب} = 0.5477 \times 0.5 = 0.2738 \text{ متر}$$

ويرتفع الثقل ح بمسافة الفرق بين ط + ط ب + ب

أعني $0.5 + 0.2738 = 0.7738$ متر

وفي هذا الوقت تتحرك القوة ع من ط الى ح أعني ١ متر

$$\text{أو } 0.1 \text{ متر وشغل ع} = 0.1 \times 0.5 = 0.05$$

والشغل المعمول بالثقل ح = $0.7738 \times 0.5 = 0.3869$ وعلى ذلك يكون

$$\text{ع} = 0.05 \times 0.1 = 0.005 \text{ ومنه}$$

$$\text{ح} = 0.005 \times 0.1 = 0.0005 \text{ كيلوجرام}$$

كيفية حساب وحدات الشغل بالنسبة لجسم دائري حول محور

إذا كانت د ط كرتين مثبتتين في يد ط كما في شكل ١٠٧ تدور حول عمود ب وان ثقل

$$\text{د} = 0.5 \text{ كيلوجرام وثقل ط} = 0.5 \text{ كيلوجرام و} \text{د} = 0.5 \text{ متر}$$

$$\text{ب ط} = 0.5 \text{ متر فاهي وحدات شغل الكرتين المذكورتين}$$

عندما تكون سرعة النقطة د المتباعدة عن محور الدوران

ب بمسافة ٠.٥ متر هي ٠.٥ متر في الثانية وما هو

بعد النقطة التي يعتبر تجمع مادة الجحلة فيها عن محور

الدوران أي نصف قطر القصور أعني ما هي النقطة م

على اليد التي يمكن اعتبار ثقل الكرتين مربوطين فيها

بدون تغيير في وحدات شغل بالنسبة لوضعها الأصلي

$$\text{ج - سرعة د} = 0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ متر في الثانية وسرعة ط} = 0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ متر في الثانية}$$

$$\text{وحدات شغل د} = \frac{0.5 \times 0.25}{9.81} = 0.0127$$

$$\text{وحدات شغل ط} = \frac{0.5 \times 0.25}{9.81} = 0.0127$$

$$\text{وبمجموع الوحدات} = 0.0254$$

إذا فرض أن ص = المسافة م أعني المسافة من المحور ب الى النقطة م التي يعتبر

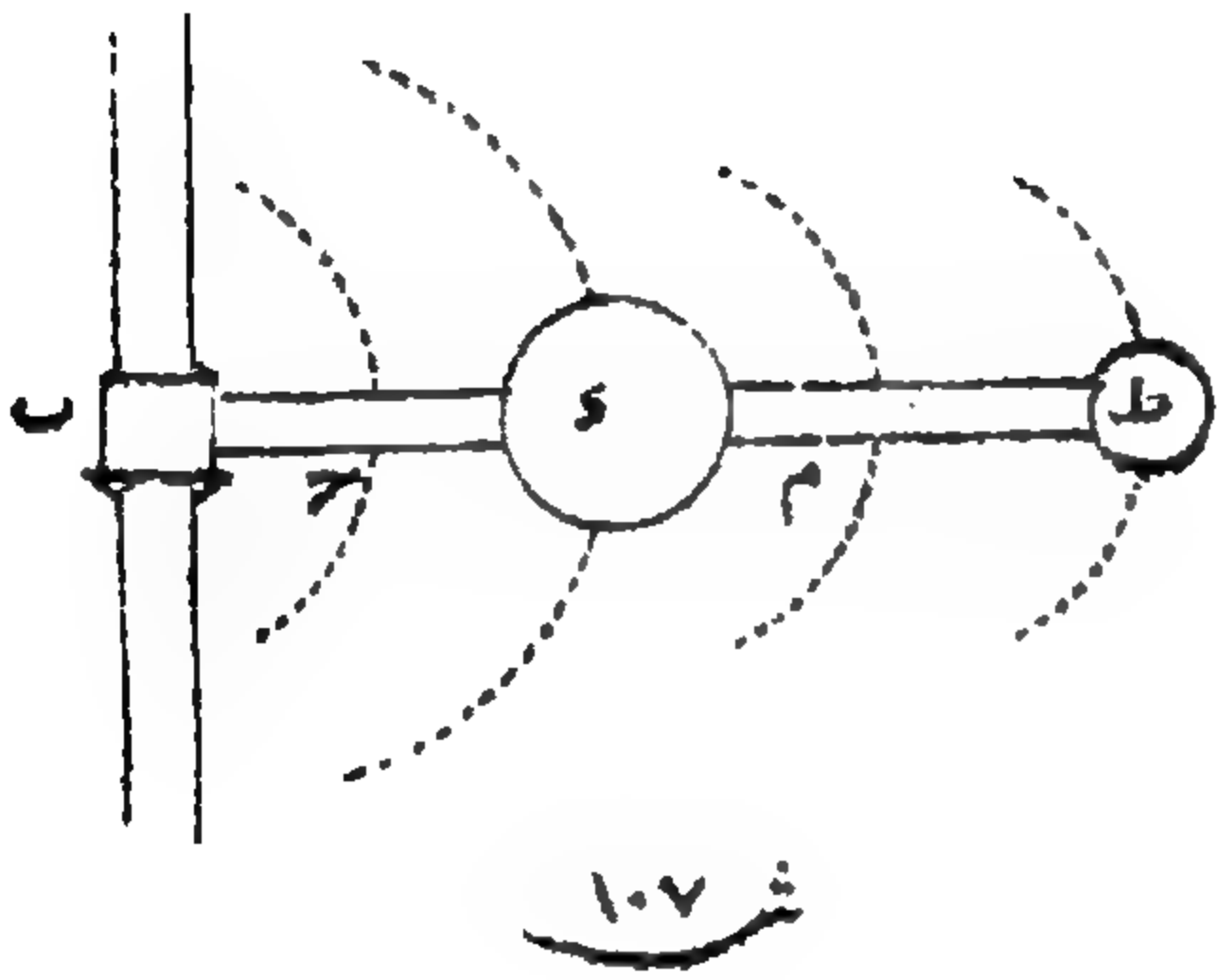
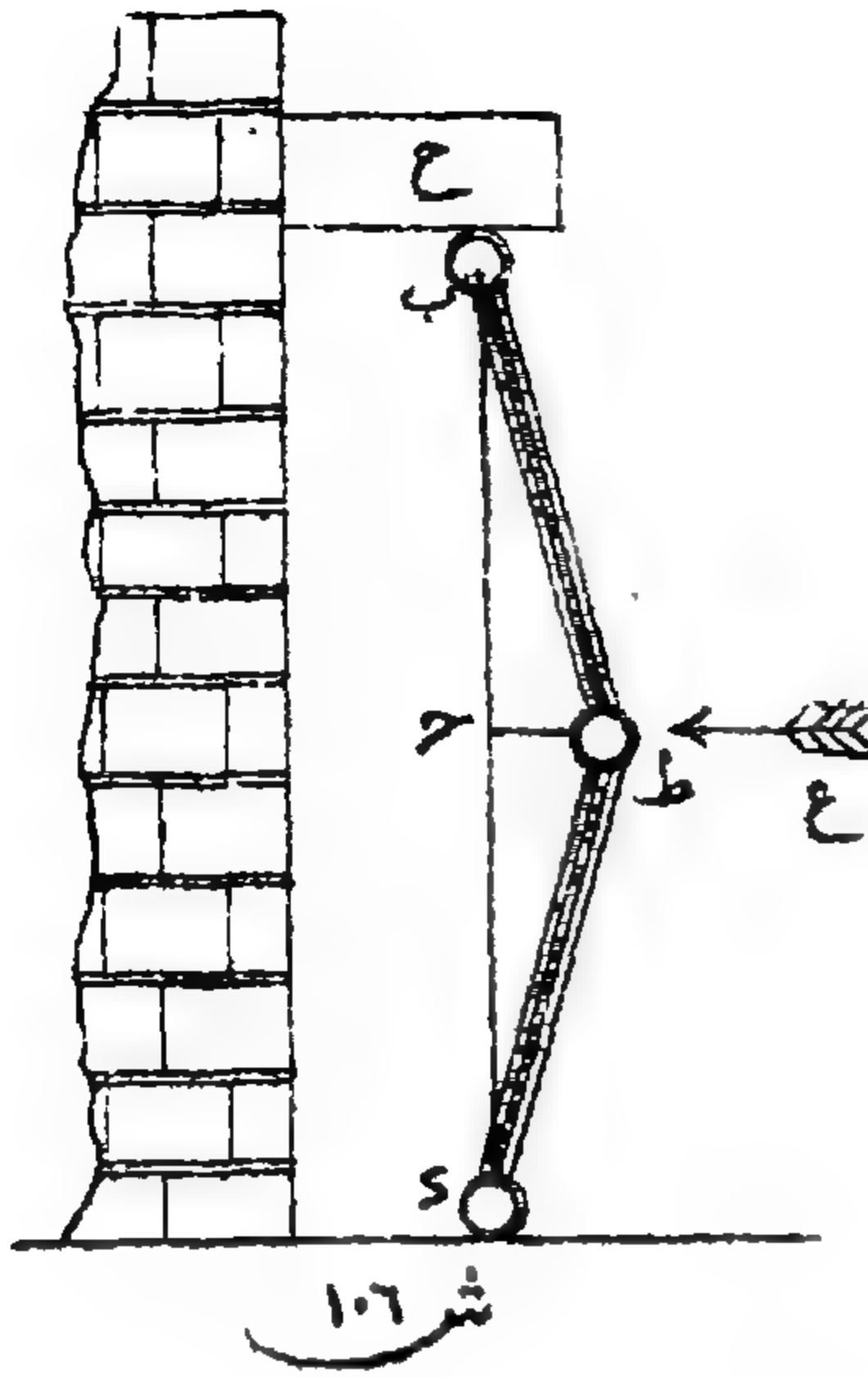
تجمع مادة الجحلة فيها

$$\text{فوحدة الشغل} = \frac{(0.5 + 0.5) \times (0.25)}{9.81 \times 0.5} = 0.0254 \text{ م} \text{ وعلى ذلك يكون}$$

$$0.0254 \text{ م} = 0.0254 \text{ م} \text{ أو } 0.0254 \text{ م} = 0.0254 \text{ م ومنه}$$

$$\text{ص} = 0.0254 \text{ م وهو المطلوب}$$

فاذا ربطت



تساوى ٢٠٠ دورات وعدد لفات الطارة في الدقيقة = ٤٧
 فمقدار عدد الدقات التي يمكن للطارة المذكورة أن تعطيها لمرزبتين وزن كل منهما ١٤٥ كيلوجرام
 وترتفع وتنزل على مسافة ٠٠ رامت بصرف النظر عن الاحتكاك
 ج - سرعة مركز الدوران = $\frac{٤٧ \times ٢٠٠ \times ٢ \times ٤}{٢٧} = ٨٧٤٨$ متر في الثانية ووحدة شغل الطارة
 = $\frac{٨٧٤٨ \times ١٥٠٠}{٩٠٧٩ \times ٤} = ٥٥٠٩$ وحدات شغل
 إذا كان من الجراف ص لعدد مرات دق المرزبتين فوحدة شغل المرزبتين = $١٤٥ \times ١ \times ٤ = ٥٨٠$ ص
 وحدات شغل

وحينئذ ٥٨٠ ص = ٥٥٠٩ ومنه ص = ٤٤ مرات دق
 تمرين تسعة وأربعين - س - قطر حجر طاحونه = ٨ دامت ووزنه = ١٧٠ كيلوجرام ومحيطه
 يلف بسرعة ٢٠٠ دور في الثانية ومحيط العمود = ٤٠ دامت ومعامل الاحتكاك = $\frac{١}{٢}$ فمقدار
 عدد اللفات حتى يقف الحجر بنفسه متى منعت عنه القوة

ج - المسافة بين مركز الدوران والمحيط = نصف القطر $\times \frac{١}{٢} \times ٩٠ = ٧ \times \frac{١}{٢} \times ٩٠ = \frac{٣١٥}{٢}$
 ولايجاد سرعة مركز الدوران نقول من المعلوم أنها متناسبة لسرعة دوران المحيط الذي نصف
 قطره = ٩٠. فإذا كان سرعة مركز الدوران يحرف س يحدث التناسب الآتي
 $٩٠ : ٤ :: \frac{٣١٥}{٢} : س$ ومنه

$س = \frac{٣١٥}{٢} \times \frac{٤}{٩٠} = ٧$
 ووحدة شغل الحجر = $\frac{١٧٠ \times (٧)^٢}{٩٠٧٩ \times ٤} = ١٧٢٤$ وحدات شغل
 إذا كان ص عدد اللفات كدور وقوف الحجر بنفسه فالشغل المفقود بالاحتكاك في ص لفات =
 $\frac{١٧٢٤}{٢٧} \times ٢٠٠ \times ص$ وحدات شغل وعلى هذا يكون

$$\frac{١٧٢٤}{٢٧} \times ٢٠٠ \times ص = ١٧٢٤ \text{ ومنه}$$

ص = ٤ لفات وهو المطلوب

تمرين خمسين - س - ماهي وحدات شغل المرزبة المذكورة سابقا بتمرين ٤١

ج - وزن المرزبة = ١٥ كيلوجرام وسرعتها = ١٤ متر في الثانية

فوحدة الشغل = $\frac{١٥ \times ١٤٤}{٩٠٧٩ \times ٤} = ١١٠٤$ وحدات شغل في الدقيقة الواحدة بالمتدالة ووحدة

الشغل في عشرين دقة بالمتدالة المذكورة = $١١٠٤ \times ٢٠ = ٢٢٠٨٠$ وهو عين الناتج في تمرين ٣١

السابق ذكره

دفع القوة وكمية التحريك - معلوم بالتجربة وبالبداهة انه اذا تصادم جسمان بالقوة

تكون متعلقة بدرجة سرعة التصادم ووزن الصاق الجسمين ببعض

مثلا جاكوش يضرب كورة من صلب فزمن الالتصاق هو قليل والجسم يقطع مسافة بعيدة واذا

ضرب

ضرب هذا الجاكوش كورة من صوف فزمن الالتصاق يكون أكبر والجسم يقطع مسافة قليلة
إذا كان قوتين ع ماع يؤثران بالدق على جسم بالتعاقب ويكسبان الجسم سرعتين س، س في الزمن τ تكون
ع : ع :: س : س (٦)

ويكفي كل هذا التناسب ان نعلم احدى القوتين مع سرعتها
ونسب معلومة قوانين سقوط الأجسام يمكن ايجاد القوة الأخرى وسرعتها إذا كانت س هي سرعة الثاقل
في الزمن τ يكون

س = τ ح من قانون (٤)

فإذا وضعنا في (٦) الوزن ح للجسم بدلا عن القوة ع ، τ ح بدلا عن س يكون
ع : ح :: س : τ ح

ومنه
$$ع = \frac{س \times ح}{\tau} = \frac{س}{\tau} \times ح \quad (٧)$$

وبسبب ان الثاقل متغير وان $\frac{س}{\tau}$ التي هي جسم الجسم هي كمية ثابتة في جميع الجهات فلورمزنا لهذه
النسبة بالحرف ك ووضع بدلها في قانون (٧) يكون

$$ع = ك \times \frac{س}{\tau} \quad (٨) \text{ أو}$$

$$ع \times \tau = ك \times س \quad (٨)$$

ويظهر من هذا أنه إذا نقص مقدار τ بالتدريج فمقدار ع يكبر بكثير
تمرين واحد وخمسين - س - ماهي كمية الترك المعطية من بادود سرعتة في الثانية ١٠٠ م متر
بحلة مدفع وزنها ١٥ كيلوجرام

ج - من قانون (٨) $ع \times \tau = ك \times س$

$$ك = \frac{ع \times \tau}{س} = \frac{١٥ \times ١٠٠}{٨٧٧٩} = ١٥٤$$

$$ع \times \tau = ك \times س = ١٥٤ \times ٥٠٠ = ٧٦٥٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

ثم نجعل τ على التوالي مساويا ١ ، ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ ، ١٠٠٠٠ ، ١٠٠٠٠٠

$$\text{فمقدار ع} = ٧٦٥٠٠ ، ٧٦٥٠ ، ٧٦٥ ، ٧٦ ، ٧ ، ٠٧٦٥٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

أعني كلما قصر الزمن كبرت القوة أي أن القوة في المبدأ تكون كبيرة جدا وتنقص بالتدريج كلما
زاد الزمن

تمرين اثنين وخمسين - س - إذا كان حصانان يبتدئان بشد عربة وزنها ٣٩٣٤ كيلوجرام
بسرعة ١٠ كيلومتر في الساعة ف ماهي القوة المطلوبة من الخيل لأجل ان تبتدئ بالشد في زمن قدره
ثانيتين

$$ج - ك = \frac{ع \times \tau}{س} = \frac{٣٩٣٤ \times ٢}{٨٧٧٩} = ٩٠٤ \text{ كيلوجرام}$$

$$ك = ٩٠٤ \text{ كيلومتر في الساعة} = ٢٥٠ \text{ متر في الثانية}$$

ومن قانون (٨) نجد ان $ع = ك \times \frac{س}{٤٠٠} = \frac{٤١٨}{٤٠٠} \times ٥٦٤ = ٥٦٤$ كيلوجرام وهذا يصرف
النظر عن احتكاك العجل على الأرض وبما أن معامل الاحتكاك في المسكة المعمولة بالمكدم = $\frac{١}{١٠}$
فيكون مقدار الاحتكاك $\frac{٤٩٤٤}{١٠} = ٤٩٤$ رطل.

وعلى ذلك القوة المطلوبة من الحصانين لهذا العمل $١٤١ + ٥٦٤ = ٦٩٤$
ولكل حصان ٣٤٧ كيلوجرام

ويظهر من هذا أنه لأجل إعطاء السرعة المطلوبة في الثابنتين الأول من زمن الشد يلزم من كل
حصان قوة قدرها ٣٤٧ كيلوجرام وهذه القوة = ١٨ مرة القوة المقدرة للحصان كافي
قانون (١) وهذا هو السبب في حصول الخسائر التي تقع في مبدأ سير العربات باتلاف الطقم أو
ضرر العجل خصوصا إذا جبرها السائق ان تسير بسرعة من مبدأ الأمر

تمرين ثلاثة وخمسين - س - جاكوش ع وزنه ٥ كيلوجرام وسرعة ٢٤ متر في الثانية يدق
على مسامح شكل ١٠٨ والدقة الواحدة تنزل المسامح في الخشب
بقدر $\frac{١}{٤}$ سنتيمتر فإهي قوة الدق

ج - بسبب ان المسامح ينزل $\frac{١}{٤}$ سنتيمتر في المدة التي فيها الجاكوش
يقطع ٢٤ متر يحدث

$$٢٤ \text{ متر} : ١ :: \frac{١}{٤} \text{ سنتيمتر} : \frac{١}{٣٦}$$

فبهذا السبب الزمن اللازم لنزول المسامح لا يمكن ان يكون أقل
من $\frac{١}{٣٦}$

$$\text{ويجب ما تقدر ك} = \frac{ع}{٣٦} = \frac{٥}{٩٧٩} = ٥١٠$$

$$\text{ومن قانون (٨) } ع = ك \times \frac{س}{٤٠٠} = \frac{٣}{٤٠٠} \times ٥١٠ = ٣٨١ \text{ كيلوجرام}$$

يظهر من ذلك ان القوة في كل دقة هي مناسبة لزمن الالتصاق كما قلنا سابقا

تمرين اربعة وخمسين - س - ما هو عدد الانفار اللازمة لتشغيل طلمبة حريق اذا كان مقدار
شغل النفار الواحد من وحدات الشغل = ٦٠ رطل وكان فم الخرطوم = ٤ سنتيمتر مربع وتصرف المياه
نصف متر مكعب في الدقيقة

ج - التصرف في الثانية = $\frac{٥}{٣٦}$ متر مكعب

$$\text{والسرعة في الثانية} = \frac{٥}{٣٦} \times \frac{١}{٣٦} = ٤٠٨ \text{ متر في الثانية}$$

$$\text{وزن الماء في الثانية} = \frac{٥}{٣٦} \times ١٠٠٠ = ١٣٨ \text{ كيلوجرام}$$

$$\text{وحدات الشغل في الثانية} = \frac{٤٠٨}{٩٧٩} \times \frac{٥}{٣٦} = ١٨٦٨$$

$$\text{وعدد الانفار اللازمة} = \frac{١٨٦٨}{٥١٠} = ٣٦ \text{ نفرا}$$

تمرين خمسة وخمسين - س - من داله وزنها ٥٠٠ كيلوجرام تنزل من ارتفاع ٨ متر على رأس
خازون

خازوق وهو ينزل في الأرض ١٠ سنتيمتر في الدقة الواحدة فما تكون القوة على رأس الخازوق
ج - إذا كان $s =$ سرعة المتدالة في وقت الدق يكون

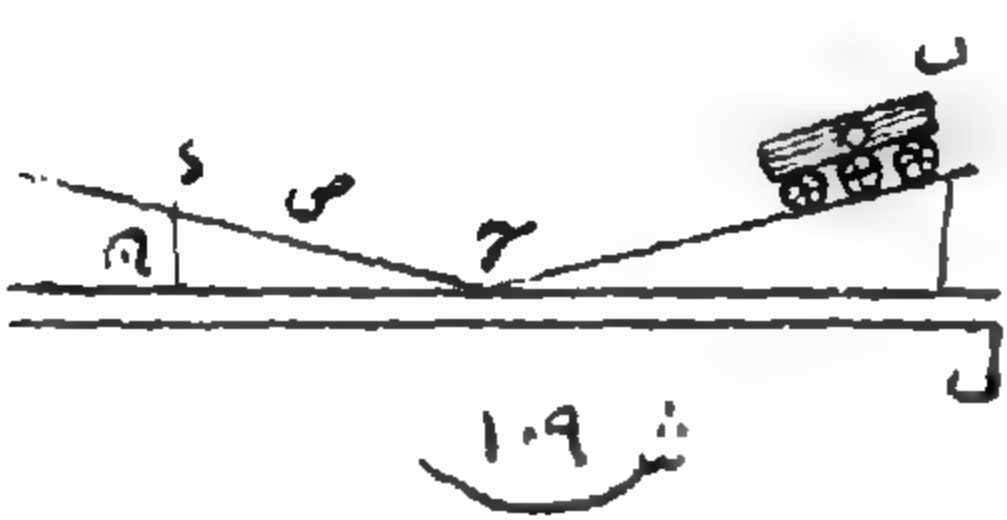
$$\frac{s}{9.774 \times c} = 8 \text{ متر أو } s = 106.766 \text{ متر في الثانية}$$

ولسبب ان سرعة المتدالة هي ١٤٠٠ في الثانية والمسافة التي ينزلها الخازوق في الدقة الواحدة
 $= 10$ سنتيمتر فالزمن الذي يقطعه الخازوق لتزول هذه المسافة لا يمكن ان يكون أقل من $\frac{1}{1400} = \frac{1}{1400}$
والجسم $k = \frac{10}{9.774} = 1.033$ را

ومن قانون (٨) نجد $c = k \times s = \frac{10}{9.774} \times 1.033 = 1.033 \times 1.033 = 1.067$
تمرين ستة وخمسين - س - عربته وزن ٥٠٠٠ كيلوجرام تنزل على مستوى مائل طوله ١٤٠٠
متر وارتفاعه ١٧٠ متر فمقدار سرعة نزول العربة عليه في نهاية المستوى إذا كان معامل
الاحتكاك $= \frac{1}{10}$

ج - شغل التناقل $= 170 \times 5000 = 850000$ وحدات شغل
وشغل الاحتكاك $= 1000 \times \frac{1}{10} = 100000$ وحدات شغل
وحدات شغل العربة في نهاية المستوى المائل $= 850000 - 100000 = 750000$ فإذا فرضنا أن $s =$
السرعة يكون $5000 \times \frac{s}{9.774 \times c} = 750000$ أو $s = 2400$ ومنه

$s = 27$ متر في الثانية وهو المطلوب لم السرعة هنا هي سرعة العربة في نهاية النزول {
تمرين سبعة وخمسين - س - عربات وزنها ٥٠٠٠ كيلوجرام تنزل على مستوى مائل ب شكل ١٩
طوله ١٤٠٠ متر وارتفاع الميل $h = 170$ متر ثم تطلع العربات
بفسرها على مستوى مائل آخر $h = 170$ ميله $\frac{1}{10}$ فها هي المسافة
التي تقطعها العربات على الميل $h = 170$ صعودا بقوتها بعد نزولها



من المستوى الأول تحد وقوفها عليه قبل رجوعها ثاني مرة وما هي سرعة العربات حين رجوعها الى
ح إذا كان معامل الاحتكاك $= \frac{1}{10}$

ج - وحدات شغل العربات في نزولها من h الى $h = 170$ وحدات شغل قوة التناقل ناقص وحدات
شغل الاحتكاك $= 170 \times 5000 - 100000 = 850000 - 100000 = 750000$ وحدات شغل
إذا فرض $s =$ $h = 170$ المسافة التي تقطعها العربات على المستوى الصاعد فالارتفاع $h = 170$
وفي صعود العربات التناقل والاحتكاك يكونان معاً مضادين للقوة
لحينئذ القوة المضادة $= 10000 \times \frac{1}{10} + 5000 \times \frac{1}{10} = 15000$ وهذا = وحدات شغل العربات أعني
 $= 15000$ أعني أن $10667 \times s = 15000$ ومنه $s = 1.4$ متر $\frac{1}{10} = 0.1$ متر

وحينئذ تنزل العربات مرة ثانية كحد ϵ فوحدات شغل العربات لرجوعها الى ϵ = وحدات شغل
 الجذب ناقصا وحدات شغل الاحتكاك = $٢٠٠٠٠ \times ١٥ - \frac{٢٠٠٠٠}{٢٠} = ٢٨٠٠٠$
 واذا كان ϵ = السرعة حالة رجوع العربات بالثاني الى ϵ يكون $\frac{٢٠٠٠٠}{٩٧٧٩ \times ٢} = ٢٨٠٠٠$
 أو $\epsilon = ٢٧٦١$ ومنه
 $\epsilon = ٢٠$ متر في الثانية

تمرين ثمانية وخمسين - س - وزن طارة وايلود = ١٠٠٠ كيلوجرام ومركز دوراتها يرسم
 دائرة محيطها ١٠ متر ومحيط عمود الطارة = ٢٠ متر وليف ٢٠ مرة في الدقيقة وبعد
 انقطاع البخار الطارة تلف ٤٨ لفه كحد وقوفها بنفسها فاهو مقدار معامل الاحتكاك
 ج - نفرض أن ϵ = سرعة مركز الدوران = $\frac{١ \times ٢٠}{٢} = ١٠$ متر في الثانية وحينئذ
 وحدات شغل الطارة = $\frac{٥ \times ١٠٠٠}{٩٧٧٩ \times ٢} = ١٢٧٧$ وحدات شغل
 ومحيط العمود = ٢٠

وطول مسافة التماس في ٤٨ لفه للعمود = $٤٨ \times ٢٠ = ٩٦٠$ متر
 فاذا جعل ϵ معامل الاحتكاك فيكون $\epsilon = ١٠٠٠ \times ٩٦٠ = ٩٦٠٠٠$ وحدات شغل القوة المضادة
 وهي تساوي وحدات شغل الطارة نفسها وعلى ذلك يكون
 $\epsilon = ١٠٠٠ \times ٩٦٠ = ٩٦٠٠٠$ ومنه
 $\epsilon = \frac{٩٦٠٠٠}{٩٦٠٠٠} = ١$ تقريبا وهو معامل الاحتكاك



والى هنا تم رجوع الله طبع الجزء الثاني من دروس مقاومة المواد الجارى تدريسه للأستاذة
 السنة الثالثة من مدرسة المهندسخانة الخديوية
 وعلى الله حسن التوكل والختام

ESEN-CPS-BK-0000000609-ESE

436104

